

I. Ueber die Magnetisirung von Eisenstäben durch den galvanischen Strom; von J. Müller.

Nach den vor zehn Jahren über diesen Gegenstand angestellten Untersuchungen soll der Magnetismus in einem Eisenstabe der Stärke des galvanischen Stromes, welcher ihn umkreist, proportional seyn. (Diese Annalen XLVII. S. 225). Schon lange hegte ich Zweifel über die Richtigkeit dieses Gesetzes und wollte schon längst eine Versuchsreihe über diesen wichtigen Gegenstand anstellen, wurde aber durch anderweitige Arbeiten stets abgehalten. Endlich hat Hr. L. Gartenhauser diese Untersuchung in den Uebungsstunden unseres mathematisch naturwissenschaftlichen Seminars unter meiner Leitung ausgeführt und eine Abhandlung über dieselbe verfaßt, die er behufs seiner Doctorpromotion bei der philosophischen Facultät einreichte. Da die Untersuchung noch nach manchen Seiten hin erweitert und ergänzt werden muß, so haben wir beschlossen dieselbe noch nicht *in extenso* zu publiciren; ich theile einstweilen nur eine kurze Uebersicht des Ganzen der Untersuchung und ihre Resultate mit.

Die Anordnung der Versuche übersieht man aus Fig. 1. Taf. III. Der Strom wurde durch sechs Bunsen'sche Becher erzeugt, von denen je drei zu einem Elemente combinirt waren, so daß man eine Säule von zwei großen Elementen hatte. Der Strom ging durch die Magnetisirungsspirale s und die Tangentenbussole t , welche so weit abstand (50 Fufs), daß der Magnetismus der in s eingeschobenen Eisenstäbe keinen merklichen Einfluss auf die Nadel in t ausüben konnte.

Als Einheit der Stromstärke wurde ein Strom genommen
Poggendorff's Annal. Bd. LXXIX.

men, der in einer Minute 1 Kubikcentimeter Knallgas von 0° und 760^{mm} Spannkraft liefert. Um die Angaben der Tangentenbussole auf diese Einheit zu reduciren, muß die Tangente des Ablenkungswinkels mit 70 multiplicirt werden¹⁾.

Die Magnetisirungsspirale stand rechtwinklig auf dem magnetischen Meridian; zur Messung des Magnetismus der in s eingeschobenen Eisenstäbe diente eine 88 Centimeter östlich von ihm aufgestellte Bussole.

Die Einrichtung in Aufstellung der Magnetisirungsspirale ist aus Fig. 2. Taf. III. zu ersehen. Zwei Drahtrollen waren in einander gesteckt, von denen jede aus drei Drahtlagen bestand; die innere war 532^{mm} lang, mit grüner Seide übersponnen und soll deshalb mit g bezeichnet werden; sie bestand aus 408 Windungen eines 3,1^{mm} dicken Kupferdrahtes; die äußere, 432^{mm} lange, violett übersponnene und deshalb mit v bezeichnete, bestand aus 372 Windungen eines 2,7^{mm} dicken Kupferdrahtes.

Die zu den Versuchen angewandten Stäbe waren von gewalztem Eisen und nicht weiter abgedreht; ihre Länge war 560^{mm}, so daß sie noch etwas auf jeder Seite aus der Spirale herausragten; der Stab No. 1 war 9^{mm} dick; No. 2 — 12^{mm}; No. 3 — 15^{mm}; No. 4 endlich 44^{mm}. Die drei dünneren Stäbe wurden in die innere Hülse eingeschoben; um den dicksten in v einzuschieben, mußte erst g herausgenommen werden.

Die Beobachtungsergebnisse unserer Versuche sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt.

	c .	a .	s .	p .	u' .	u .	m .	$\frac{m}{p}$.
Stab No. 1.								
5	v	32,2	44,076	16397	2° 48'	18°	0,2760	1683
6	v	28,2	37,534	13963	2 27	17 33'	0,2735	1959
9	v	15,4	19,278	7110	1 20	13 41	0,2202	3097
14	v	3,2	3,913	1456	16	3 41	0,0597	4100
4	g	34,4	47,929	19555	1 30	16 44	0,2744	1403
8	g	15,5	19,411	7921	39	13 46	0,2337	2937
2	g	41,6	62,146	25356	1 49	17 33	0,2845	1122

1) Siehe meinen Bericht über die Fortschritte der Physik, S. 250.

	c.	a.	s.	p.	u'.	u.	m.	$\frac{m}{p}$
11	g	7 ⁰ ,0	8,596	3507	18'	8 ⁰ 6'	0,1371	3909
13	g	3,2	3,913	1596	8	3 49	0,0644	4004
1	v+g	27,0	35,665	27819	3 ⁰ 31	19 8	0,2864	1027
3	v+g	23,5	30,436	23740	3 4	18 40	0,2842	1197
7	v+g	13,6	19,933	13288	1 2	16 18	0,2627	1967
10	v+g	7,0	8,596	6705	54	12 36	0,2078	3090
12	v+g	3,2	3,913	3052	24	7 12	0,1193	3909

Stab No. 2.

4	v	32,2	44,079	16397	2 48	27	0,4606	2808
6	v	27,5	36,442	13556	2 24	26 6	0,4325	3309
11	v	7	8,596	3198	36	9	0,1479	4625
13	v	3,3	3,731	1388	17	4 25	0,0723	5209
2	g	42,2	63,469	25895	1 50	27 54	0,4975	1959
3	g	35,6	50,113	20546	1 33	27 16	0,4883	2381
7	g	17,5	22,064	9001	0 45	18 54	0,3293	3658
9	g	7,5	9,212	3758	0 19	9 54	0,1690	4494
12	g	3,4	3,752	1531	0 8	4 30	0,0764	5223
1	v+g	26,6	28,039	27638	3 28	29 42	0,5098	1844
5	v+g	14,0	17,451	13612	1 49	24 32	0,4247	3120
8	v+g	7,0	8,596	6705	0 54	17 17	0,2954	4108
10	v+g	3,4	4,158	3243	0 26	8 19	0,1386	4270

Stab No. 3.

6	v	20,5	26,173	9736	1 47	24 23	0,4222	4336
11	v	8	9,835	3659	0 42	10 48	0,1786	4881
13	v	6,4	7,854	2922	0 34	8 33	0,1404	4805
14	v	5,7	6,886	2506	0 30	7 12	0,1176	4591
2	g	41,5	61,929	25267	1 48	36 27	0,7072	2799
7	g	17,5	22,064	9001	0 45	22 5	0,3926	4361
10	g	7,8	9,590	3903	0 20	10 21	0,1768	4529
1	v+g	26,5	34,902	27223	3 26	38 26	0,7335	2694
3	v+g	23,6	30,583	23855	3 4	36 54	0,6975	2974
4	v+g	17	21,399	16691	2 13	33 29	0,6228	3731
5	v+g	14	17,451	13618	1 49	30 49	0,5648	4147
8	v+g	7	8,596	6705	0 54	18	0,3092	4611
9	v+g	6	7,357	5738	0 47	15 2	0,2675	4662
12	v+g	3,4	4,158	3243	0 26	9 11	0,1541	4748

Stab No. 4.

1	v	33,1	45,633	16975	2 52	54 43	1,3631	8041
2	v	20,2	25,753	9580	1 45	39 22	0,7898	8244
3	v	18,8	19,810	7369	1 22	31 44	0,5946	8069
4	v	12,0	14,832	5536	1 2	25 44	0,4610	8381
5	v	7,4	9,093	3383	0 38	15 38	0,2730	8129
6	v	6,5	7,973	2946	0 34	14 30	0,2487	8102

Die mit c überschriebene Columnne giebt die Combination der Drahtspiralen an; v bezeichnet die violette Spirale allein; g die grüne allein; v+g die beiden Spiralen so

combinirt, dafs der Strom erst die eine, dann die andere durchläuft. Die mit a überschriebene Columne enthält die an der Tangentenbussole abgelesene Ablenkung; die mit s überschriebene enthält die entsprechende Stromstärke, welche man erhält, wenn man die Tangente des Ablenkungswinkels mit 70 multiplicirt. Die magnetisirende Kraft p , welche in der folgenden Columne steht, ist durch Multiplication der Stromstärke mit der Anzahl der von dem Strom durchlaufenen Windungen erhalten worden. Die mit u' überschriebene Columne giebt die Ablenkung an, welche die Spirale für sich allein an der Bussole b Fig. 1. Taf. III. hervorbringt, während man unter u die von dem magnetisirten Eisenstab und der Spirale zugleich hervorbrachte Ablenkung dieser Bussole angiebt. $\tan u - \tan u'$ giebt das Maafs für den Stabmagnetismus, wie man ihn in der mit m überschriebenen Columne findet. Die letzte Columne endlich enthält die Werthe des Quotienten $\frac{m}{p}$, und zwar, um die vielen Decimalstellen zu vermeiden, mit 100000000 multiplicirt.

Wäre das Gesetz von Lenz allgemein wahr, so müfste für einen und denselben Stab der Werth von $\frac{m}{p}$ constant bleiben; die Unterschiede sind aber so bedeutend, dafs an eine Proportionalität des Stabmagnetismus und der Stromstärke nicht mehr zu denken ist. Im Allgemeinen sieht man, dafs für gröfsere Werthe von p der Werth von $\frac{m}{p}$ kleiner ausfällt, dafs also für gröfsere magnetisirende Kräfte, also *caeteris paribus* für gröfsere Stromstärke, der Stabmagnetismus weit geringer ausfällt, als man nach dem Gesetz der Proportionalität hätte erwarten sollen.

Nach vielen vergeblichen Versuchen ist es mir gelungen eine Formel aufzufinden, welche *sämmtliche Versuchsergebnisse* umfaßt, die sich in obiger Tabelle verzeichnet finden; diese Formel ist

$$p = 220 d^3 \tan \frac{m}{0,00005 d^3} \dots \dots (1)$$

in welcher p und m dieselbe Bedeutung haben, wie in obiger Tabelle, während d den Durchmesser des Stabes bezeichnet. Aus dieser Gleichung folgt.

1) Für $p = \infty$ ist $\frac{m}{0,00005 d^2} = 90^\circ$ also $m = 90 \cdot 0,00005 d^2$; für eine unendliche Stromstärke würde demnach der Stabmagnetismus doch nur einen endlichen Werth erhalten, es giebt also für jeden Eisenstab ein absolutes Maximum des Magnetismus, und dieses magnetische Maximum ist dem Quadrate des Durchmessers also dem Querschnitt des Stabes proportional.

2) Wenn der Magnetismus verschiedener Stäbe denselben Theil ihres absoluten magnetischen Maximums erreichen soll, so muß man für alle den Werth von $\frac{m}{0,00005 d^2}$ gleich setzen; alsdann aber verhalten sich die entsprechenden Werthe von p wie d^3 ; d. h. um in verschieden dicken Eisenstäben denselben aliquoten Theil ihres magnetischen Maximums zu erzeugen, muß man Ströme anwenden, die sich verhalten wie die Quadratwurzel aus der dritten Potenz der Halbmesser. Wenn also z. B. eine bestimmte Stromstärke f in einem Eisenstab einen Magnetismus erzeugt, welcher die Hälfte des absoluten magnetischen Maximums beträgt, so wird man, um in einem zweimal dickeren Stabe gleichfalls $\frac{1}{2}$ des absoluten magnetischen Maximums zu erreichen *ceteris paribus* einen $\sqrt[3]{2^3}$ also einen 2,83mal stärkeren Strom nöthig haben.

3) So lange $\tan \frac{m}{0,00005 d^2}$ nur einen kleinen Winkelwerth hat, sind p und m ziemlich nahe proportional und man kann ohne merklichen Fehler

$$p = a \cdot 220 d^3 \frac{m}{d^2}$$

setzen, wo a einen leicht zu ermittelnden constanten Factor bezeichnet; daraus ergiebt sich aber

$$m = \frac{p \cdot \sqrt{d}}{a \cdot 220},$$

so weit man also den Stabmagnetismus der Stromstärke

proportional setzen kann, ist der durch gleiche Ströme in verschiedenen Eisenstäben erzeugte Magnetismus der Quadratwurzel aus dem Stabdurchmesser proportional.

Um das Verhältniß anschaulich zu machen, nach welchem der Stabmagnetismus wächst, wenn die Stromstärke zunimmt, ist es nach der Gleichung (1) in Fig. 3. Taf. III. für unsere vier Stäbe graphisch dargestellt; die Abscissen sind der magnetisirenden Kraft, die Ordinaten sind dem Stabmagnetismus proportional aufgetragen. Die unterste Curve entspricht dem dünnsten, die oberste dem dicksten Eisenstab. Vergleicht man diese Figur mit den Zahlen der obigen Tabelle, so ist wohl keine weitere Erläuterung zu ihrem Verständniß nöthig.

Wäre das Lenz'sche Gesetz allgemein gültig, so müßten diese vier Curven gerade Linien seyn, was nur bei der Curve No. IV annähernd der Fall ist. Der Anblick der Fig. 3. Taf. III. schon zeigt uns, daß wir mit den Stromstärken, mit denen wir operirten für den dünnsten Stab dem absoluten magnetischen Maximum schon sehr nahe gekommen sind, indem die Curve I. auf ihrer rechten Seite schon einen fast horizontalen Lauf hat.

Die Abweichung unserer Curven von einer geraden Linie ist der Art, daß man sie unmöglich auf Rechnung von Beobachtungsfehlern schreiben kann; wenn Lenz aus seinen Versuchen das Gesetz der Proportionalität ableiten konnte, so hat dieß seinen Grund gewiß nur darin, daß er im Verhältniß zu seinen Eisenstäben zu schwache Ströme anwandte.

Es bleibt jetzt noch übrig nachzuweisen, in wie weit die Gleichung (1) wirklich den wahren Zusammenhang zwischen Stabmagnetismus, Stabdicke und Stromstärke darstellt. Zu diesem Zwecke sind für sämtliche in obiger Tabelle enthaltenen Werthe von p nach dieser Gleichung die entsprechenden Werthe von m berechnet und in der folgenden Tabelle mit den beobachteten Werthen von m zusammengestellt worden.

p.	m		Unter- schied.	p.	m		Unter- schied.
	beob- achtet.	be- rechn.			beob- achtet.	be- rechn.	
Stab No. 1.				Stab No. 3.			
27819	0,2864	0,3156	+0,0292	27223	0,7335	0,7328	-0,0007
25356	0,2845	0,3113	+0,0268	25267	0,7072	0,7215	+0,0143
23746	0,2842	0,3075	+0,0233	23853	0,6975	0,6968	+0,0014
19555	0,2744	0,2979	+0,0235	16691	0,6228	0,5940	-0,0288
16397	0,2760	0,2837	+0,0077	13618	0,5648	0,5266	-0,0382
13963	0,2735	0,2674	-0,0062	9736	0,4222	0,4217	-0,0005
13288	0,2627	0,2668	+0,0041	9001	0,3926	0,3974	+0,0048
7921	0,2337	0,2151	-0,0186	6705	0,3092	0,3127	+0,0035
7110	0,2202	0,2030	-0,0173	5738	0,2642	0,2732	+0,0090
6705	0,2078	0,1962	-0,0116	3903	0,1768	0,1917	+0,0149
3507	0,1371	0,1237	-0,0134	3659	0,1786	0,1805	+0,0019
3052	0,1193	0,1002	-0,0091	3243	0,1541	0,1548	+0,0007
1596	0,0644	0,0605	-0,0039	2922	0,1404	0,1455	+0,0051
1456	0,0597	0,0558	-0,0039	2562	0,1283	0,1314	+0,0138
Stab No. 2.				Stab No. 4.			
27638	0,5098	0,5162	+0,0064	16975	1,3631	1,4137	+0,0506
25895	0,4975	0,5081	+0,0106	9580	0,7898	0,8082	+0,0184
20546	0,4883	0,4753	-0,0130	7369	0,5946	0,6264	+0,0218
16397	0,4606	0,4383	-0,0223	5536	0,4640	0,4712	+0,0072
13612	0,4247	0,4041	-0,0206	3383	0,2750	0,2892	+0,0142
9001	0,3293	0,3207	-0,0086	2946	0,2487	0,2504	+0,0017
6705	0,2954	0,2610	-0,0344				
3758	0,1690	0,1609	-0,0081				
3243	0,1386	0,1406	+0,0020				
3198	0,1379	0,1388	+0,0009				
1531	0,0764	0,0685	-0,0087				
1388	0,0723	0,0621	-0,0102				

Die Uebereinstimmung zwischen den beobachteten und den berechneten Werthen von m ist von der Art, daß man wohl berechtigt ist, die Gleichung (1) für den wahren Ausdruck des Zusammenhanges zwischen Magnetismus und Stromstärke anzusehen, namentlich wenn man den großen Umfang unserer Versuchsreihen, sowohl in Beziehung auf Stromstärke als auf Stabdurchmesser bedenkt. Die Differenzen sind von der Art, daß man sie ohne Anstand auf Kosten der Beobachtungsfehler setzen darf, deren mehrere sich summiren können, welche nicht allein in der Aufstellung, Centrirung und Ablesung der Bussolen, sondern auch darin zu suchen sind, daß die Stäbe (gewalztes Eisen, nicht weiter abgedreht) keinen vollkommen kreisförmigen Durch-

messer hatten und Fehler in der Messung ihrer Dicke begangen wurden, was namentlich die vorherrschend positiven Differenzen beim Stab No. 4 bedingen mag, dessen Durchmesser wohl im Vergleich zu den übrigen Stäben zu groß angenommen seyn mag.

Ist demnach die Form der Function, wie sie in Gleichung (1) gegeben ist, durch diese Untersuchung außer Zweifel gesetzt, so muß es jedoch ferner genaueren Versuchen überlassen bleiben, die constanten Factoren dieser Gleichung genauer zu ermitteln und von den Individualitäten der Versuche zu befreien, eine Aufgabe, deren Lösung wir uns vorbehalten.

Freiburg, den 28. Dezember 1849.

II. *Ueber die natürlichen Farben durchsichtiger Körper; von J. Müller.*

Unter dem Titel „über die Natur der braunen Farbe“ befindet sich im LXXIV. Bande dieser Annalen S. 461 ein kleiner Aufsatz von Brücke, in welchem derselbe darthut, daß *Braun* die Complementarfarbe von *Lavendelblau* sey. Ohne mich weiter auf eine Kritik dieser Charakteristik der braunen Farbe einzulassen, will ich nur bemerken, daß sie sich nur auf das Braun erster Ordnung bezieht, welches ein entsprechend dünnes Gypsblättchen im polarisirten Lichte zeigt; auf die braune Farbe verschiedener Körper läßt sie sich nicht übertragen, indem diese unter sich sowohl als auch von dem Interferenzbraun sehr verschieden sind. Es ergibt sich dieses, wenn man nach der von mir in diesen Annalen Bd. LXIX, S. 98. auseinandergesetzten Methode die Spectralanalysen verschiedenen braunen Flüssigkeiten macht.

Die Fig. 4. Taf. III. stellt die Resultate mehrerer solcher Spectralanalysen dar, und zwar ist der Maafsstab dieser Figur, weil es zu meinem Zwecke hier vollkommen ausreicht, nur halb so groß als der Maafsstab der Figuren auf Tab. II. des LXXII. Bandes.

No. I. stellt die Erscheinungen für *tinctura chamomillae* dar. Die concentrirte Lösung hatte bei 1 Centim. Dicke eine rothbraune Farbe. Das blaue Ende des Spectrums war absorbirt; im Roth zeigte sich ein ganz isolirt stehender dunkler Balken von 12^{mm} Breite (während das ganze Spectrum auf dem Schirme eine Breite von 320^{mm} hatte). Dieser dunkle Streif erschien bei vierfacher Verdünnung noch als ein Schatten und verschwand bei weiterer Verdünnung.

Ganz ähnliche Erscheinungen zeigte *tinctura absynthii* Fig. 4. Taf. III. No. II.; der dunkle Balken im Roth hatte fast genau dieselbe Breite, nur war er 6^{mm} weiter gegen das Orange hin gerückt.

Bei doppelter Verdünnung ward die Farbe dieser beiden Flüssigkeiten ein gelbliches Braun; bei $\frac{1}{4}$ der Verdünnung aber fahlgelb.

No. III. *Tinctura ferri pomatici*. Die concentrirte Lösung hatte bei 1 Centim. Dicke eine grünlichbraune Färbung; der geringe Theil des Spectrums, welcher nicht absorbirt war, von Grün bis gegen das Ende Roth, erschien nur noch sehr schwach erleuchtet. Bei zunehmender Verdünnung ging die Farbe mehr und mehr ins Gelbe über.

No. IV. *Asphalt* wurde mit Weingeist verdünnt.

No. V. *Cichorienkaffe* zeigte concentrirt nur ein schwaches Licht im Roth. Bei fortgesetzter Verdünnung ging die Färbung mehr und mehr ins Gelbe über.

Sehr ähnlich verhält sich reiner *Kaffe*, die concentrirte Lösung ist dunkelroth und geht bei fortgesetzter Verdünnung durch Braungelb in Gelb über.

No. VI. *Tinctura euphrasiae*. Der Vergleichung halber sind in No. VII. die Curven für das *neutrale* und das *saure* chromsaure Kali hingesezt. Zu der Farbe der concentrirten Lösung des sauren Salzes kommt bei der concentrirten

Lösung des neutralen noch Grün, wodurch die mehr eigentlich gelbe Farbe des neutralen Salzes bedingt wird.

Wie das Interferenzbraun erster Ordnung zusammengesetzt ist, läßt sich aus der Theorie entwickeln und construiren. Auf S. 585 des ersten Bandes meines Lehrbuchs der Physik (dritte Auflage) stellt die dritte Curve von oben das bräunlich Orange der ersten Ordnung dar; das eigentliche Braun der ersten Ordnung fällt zwischen diese und die folgende Curve. In jenen Figuren sind aber die Ordinaten als Vibrationsintensität der componirenden Farben aufgetragen; wenn die Curve aber zeigen soll, in welchem Verhältniß die Lichtstärke der verschiedenen Farben stehen, welche eine bestimmte Interferenzfarbe zusammensetzen, so müssen die Ordinaten dem *Quadrate* der Vibrationsintensität proportional aufgetragen werden. In diesem Sinne stellt nun die Curve Fig. 5. Taf. III. dar, in welchem Verhältniß die Lichtstärke der verschiedenen prismatischen Farben zusammen wirken müssen, um das Braun der ersten Ordnung zu bilden. Man sieht aus dieser Figur, daß in diesem Braun, Roth, Orange und Gelb die vorherrschendsten Bestandtheile sind, daß zu diesen aber noch in abnehmender Stärke Grün, Blau, Indigo und Violett hinzutreten. Mit dieser Curve lassen sich die Curven Fig. 4. Taf. III. freilich nicht direct vergleichen, weil sie nach einem ganz anderen Princip construirt sind; dessen ungeachtet geben sie uns einige Anhaltspunkte zur Ermittlung des Verhältnisses zwischen dem Interferenz Braun erster Ordnung und der braunen Farbe verschiedener Körper.

Die untersuchten braunen Flüssigkeiten kommen darin überein, daß sie (No. III. etwa ausgenommen) nur bei mittleren Concentrationsgraden (natürlich bei einer bestimmten Dicke) eigentlich braun erscheinen; bei stärkeren Concentrationsgraden erscheinen sie mehr und mehr roth, bei wachsender Verdünnung gehen sie in Gelb über. Auch das Braun erster Ordnung steht zwischen Roth und Gelb.

Bei den untersuchten braunen Flüssigkeiten bilden Roth, Orange und Gelb, ebenso wie bei dem Interferenzbraun

die wesentlichsten Bestandtheile, während aber in dem Interferenzbraun keine der prismatischen Farben ganz fehlt, enthält das Braun der untersuchten Flüssigkeiten weder Violett noch Indigo und nur wenig Blau, denn wenn man die Flüssigkeit so weit verdünnt, daß diese Farben in der Spectralanalyse auftreten, so erscheint die Flüssigkeit schon nicht mehr recht braun, sondern mehr gelb.

Eine ganz eigenthümliche Erscheinung ist der dunkle Balken im Roth, welcher bei *tinctura chamomillae* und *tinctura absynthii* beobachtet wird. Bei Gasen kommen solche dunkle Streifen öfters vor, z. B. bei den Brom- und Joddämpfen, bei der salpetrigen Säure u. s. w. jedoch nie einzeln, sondern immer in ganzen Bündeln. Solche Streifenbündel sind mir bei farbigen Flüssigkeiten noch nicht vorgekommen, und selbst die isolirten dunklen Streifen wie in No. I. und II. sind selten. Die ältesten bekannten Fälle der Art sind meines Wissens, die Lösung des sogenannten *Brewster'schen Salzes*, oxalsaures Chromoxyd-kali, dessen Spectralanalyse in No. VIII. dargestellt ist. Die concentrirte Lösung löscht bei 1 Centim. Dicke das ganze Spectrum bis auf einen rothen und einen blaugrünen Fleck aus, welche durch einen dunklen Zwischenraum getrennt sind; im Roth aber erscheint eine feine schwarze Linie, deren genaue Stellung im Spectrum Brewster bereits ermittelt hat.

Nachdem ich nun eine Reihe von Spectralanalysen farbiger Flüssigkeiten mitgetheilt habe, können wir auch die Vergleichung der Interferenzfarben mit den natürlichen Farben durchsichtiger versuchen.

Concentrirte Lösungen absorbiren fast das ganze Spectrum, so daß nur sehr eng begränzte Lichtstellen übrig bleiben. Die Farben dünner Gypsblättchen verhalten sich anders, sie beschränken die lichten Parthien des Spectrums ungleich weniger; die mit der Dicke der farbigen Schicht zunehmende Größe der Absorption liefse sich aber bei den Interferenzfarben vielleicht dadurch nachahmen, daß man eine Interferenzfarbe von neuem den Einflüssen unterwirft,

welche die erste Lichtabsorption bewirkte. Es befinde sich z. B. zwischen zwei Nicol'schen Prismen ein Gypsblättchen, welches das Blau dritter Ordnung zeigt, so wird dieses Blau bei der Spectralanalyse einen dunklen Balken (natürlich nicht scharf begränzt) im Orange zeigen. Läßt man dieß Blau dritter Ordnung, nachdem es den zweiten Nicol verlassen hat, auf ein zweites Gypsblättchen von gleicher Dicke fallen, welchem ein dritter mit dem zweiten gekreuzter Nicol folgt, so wird man nun gewissermaßen ein potenzirtes Blau dritter Ordnung erhalten, indem von denjenigen Farben, von denen das erste Blättchen einen Theil absorbirt hat, nun auch das zweite einen Theil absorbirt, so daß nun der dunkle Theil des Spectrums jedenfalls breiter ist als beim einfachen Blau dritter Ordnung.

So ließe sich vielleicht das Blau einer Lösung von Berlinerblau (Diese Ann. Bd. LXXII. Tab. II. No. 1.) als ein potenzirtes Blau dritter Ordnung betrachten.

In dieser Weise wird es denn auch wohl gelingen noch eine oder die andere der von mir untersuchten Farben auf Interferenzfarben zurückzuführen, (wobei ich jedoch bemerken muß, daß ich diese Zurückführung noch keineswegs als durchgeführt, sondern nur als vorläufig angedeutet betrachten muß). Die Eigenthümlichkeiten des Laufs der Curven im LXXII. Bande sowohl, als der in Fig. 3. Taf. III. dieses Bandes mitgetheilten, führen jedoch bald zu Anständen. Solche Curven wie die für schwefelsaures Kupferoxyd ammoniak, Lackmustinctur, Carmin u. s. w. zeigen, daß hier von einer einfachen Vergleichung mit Interferenzfarben keine Rede seyn kann. Um diese Farbe auf Interferenzfarben zurückzuführen müßte man sie wenigstens als eine Combination mehrerer einfacher Interferenzfarben betrachten.

Eine ganz besondere Schwierigkeit der Erklärung wird sowohl das neutrale als auch das saure chromsaure Kali bieten. Während die eine Hälfte des Spectrums von diesen Flüssigkeiten vollkommen absorbirt wird, ist das Licht des übrig bleibenden Theils fast ganz ungeschwächt; der Uebergang von der größten Dunkelheit zum vollen Licht

ist hier ein so rascher, wie er bei den Interferenzfarben nie stattfindet.

Noch mehr Schwierigkeiten wird die Erklärung der *isolirten* dunklen Streifen bieten, wie man sie bei *tinctura chamomillae*, *tinctura absynthii* und namentlich beim Brewster'schen Salze beobachtet.

Diese Vergleichen zeigen uns also, daß die Zurückführung der natürlichen Farben der Körper auf Interferenzerscheinungen keineswegs so ganz einfach und leicht ist, sondern daß noch mancherlei Schwierigkeiten zu überwinden sind, bevor wir sagen können, daß die natürlichen Farben durch die Vibrationstheorie erklärt sind. Daß diese Erklärung gelingen werde, daran zweifle ich nicht; sie muß aber von einer experimentellen Vergleichung der natürlichen Farben der Körper mit Interferenzfarben und ihrer Combinationen ausgehen. Für solche Vergleichung fehlte es bis jetzt an allem Material und die von mir mitgetheilten Spectralanalysen (leider fehlte es mir bisher an Zeit diese Untersuchung fortzusetzen) sollen nur als erste Anhaltspunkte zur Orientirung auf diesem neu zu betretenden Felde dienen. Ob sie das leisten, muß ich dem Urtheil der Physiker überlassen, jedenfalls aber den Vorwurf der Ungenauigkeit zurückweisen, welchen Karsten in den „Fortschritten der Physik im Jahre 1847“ S. 124 denselben macht.

Nur dann ist man berechtigt einer Beobachtung oder Messung den Vorwurf der Ungenauigkeit zu machen, wenn die Beobachtungsfehler so groß sind, daß sie den Zweck der Untersuchung beeinträchtigen oder die Sicherheit der auf sie zu bauenden Schlüsse gefährden.

Alle Schlüsse, die ich in Beziehung auf die Vergleichung der natürlichen Farben mit den Interferenzfarben aus meinen Versuchen gezogen habe, würden unverändert bleiben, wenn auch andere Beobachter bei jeder einzelnen Ablesung die Gränze des Lichtes etwas mehr rechts oder links gesetzt hätten. Ueberhaupt aber ist noch zu bemerken, daß der allmälige Uebergang von Licht und Schatten hier in

der Natur der Sache liegt und nicht der Beobachtungsart zur Last gelegt werden kann.

Eine Genauigkeit fordern, die nicht im Verhältniß zur Sache steht, kann mehr schaden als nützen, indem sie von Beobachtungen abhält in einer Entwicklungsperiode der Erkenntniß einer Erscheinung, in welcher es mehr darauf ankommt Material zu sammeln und sich zu orientiren, als genau zu messen. In dem Maafse, wie wir in der Erkenntniß fortschreiten, werden feinere Unterscheidungen nöthig und genaue Messungen unentbehrlich, während anfänglich rohe Beobachtungen die Basis der weiteren Entwicklung abgeben.

Zum Schlusse will ich mich noch dahin erklären, daß ich keineswegs eine besondere Vorliebe für meine Beobachtungsweise hege, und daß ich gern bereit bin, sie mit einer anderen zu vertauschen, wenn Hr. Karsten eine zweckmäßigere in Vorschlag bringen wird.

Freiburg i. B., den 30. Januar 1850.

III. *Ueber Bunsen's Geysertheorie;* *von J. Müller.*

Nicht allein nach meinem, sondern nach dem Urtheile aller Physiker, deren Ausspruch ich darüber zu hören Gelegenheit hatte, gehört *Bunsen's Geysertheorie* ¹⁾ zu den schönsten Untersuchungen, welche auf diesem Felde in den letzten Jahren veröffentlicht wurden; nach ächt physikalischer Methode die Ergebnisse seiner Beobachtungen mit allgemein anerkannten physikalischen Gesetzen combinirend, entwickelt Bunsen seine Theorie so einfach und ungezwungen, zugleich aber so logisch zwingend, daß man wohl eine allgemeine Anerkennung dieser Theorie hätte erwarten sollen. Es hat mich deshalb in der That etwas befremdet

1) Ann. Bd. LXXII, S. 159.

in den „Fortschritten der Physik im Jahre 1847, dargestellt von der physikalischen Gesellschaft zu Berlin“ auf Seite 92, durch Hrn. Heintz Bedenken gegen diese Geysertheorie ausgesprochen zu sehen.

Dafs in einer Tiefe von 22 Metern das Wasser eine Temperatur von 127° C. erreichen könne ohne zu kochen, erklärt Bunsen ganz natürlich durch den Druck der Wassersäule, welche auf diesen tieferen Wasserschichten lastet. Heintz wendet dagegen ein, dafs das wärmere Wasser in Folge seiner geringeren Dichtigkeit vom Boden in die Höhe steigen, und sehr bald eine gleichförmige Temperatur in der ganzen Flüssigkeitssäule hergestellt werden müfste, wenn nicht mechanische Hindernisse die Strömung hemmen.

Eine Strömung findet in der That statt, wie Bunsen selbst nachgewiesen hat, da aber von unten stets heifses Wasser nachdringt, oben eine fortdauernde Abkühlung stattfindet, so kann auch ohne mechanische Hindernisse von einer vollständigen Ausgleichung keine Rede seyn; überhaupt scheint das Bedenken, welches Heintz ausspricht, mehr gegen das Factum als gegen Bunsen's Erklärungsgrund gerichtet zu seyn, mit dem es eigentlich gar nichts zu thun hat, denn in der That haben die genauesten Ausmessungen des Geyserrohres dargethan, dafs keinerlei mechanische Hindernisse in demselben vorhanden sind.

Wenn Heintz der Meinung ist, Donny's Beobachtung, dafs ganz luftfreies Wasser bedeutend über seinen Siedepunkt erhitzt werden könne ohne ins Kochen zu kommen, könne vielleicht einiges Licht auf die Erscheinung werfen, so möchte es ihm wohl schwer fallen, diese Meinung zu rechtfertigen. Zunächst ist zu bedenken, dafs das Geyserwasser durchaus nicht gasfrei ist; ein mechanisches Hindernifs wird dadurch auch nicht hervorgebracht. Warum greift man zu so fern liegenden Erklärungsgründen, während der Druck der Wassersäule Erklärungsgrund genug, und zwar einen durch unzählige Versuche gerechtfertigten liefert. Hr. Heintz kann sich durch einen sehr einfachen Versuch von der Nichtigkeit seiner Einwendungen

überzeugen. Er bringe nur in der Seitenwand eines ungefähr 6 Fufs hohen vertical stehenden cylindrischen Blechrohrs von ungefähr $\frac{1}{2}$ Fufs Durchmesser drei Thermometer an, eines nahe über dem Boden, eines in der Mitte, und eines oben, fülle das Rohr mit Wasser und erwärme von unten, so wird sich bald zeigen, dafs das unterste Thermometer am höchsten, das oberste am niedrigsten steht. Ja, mit einem Rohre von weit geringeren Dimensionen wird der Versuch schon mit vollkommener Sicherheit gelingen.

Die nächste Veranlassung, mich über diesen Gegenstand auszusprechen liegt darin, dafs ich die Bunsen'sche Geysertheorie selbst zum Gegenstand einer genaueren Prüfung gemacht habe. Wenn Bunsen's Erklärung die richtige ist, wenn er die Bedingungen des Phänomens richtig erkannt hat, so mufs man auch im Stande seyn die Erscheinung nachzuahmen, und das ist mir aufs vollständigste gelungen. Mein Geyserapparat, welcher Fig. 6. Taf. III. dargestellt ist hat folgende Einrichtung. Eine Blechröhre von 1,5 Metern Höhe und 1,2 Decimeter Durchmesser, ist unten geschlossen und endigt oben in ein flaches Becken von Blech, welches 0^m,7 Durchmesser hat. Ungefähr in $\frac{1}{3}$ der Gesamthöhe ist an dieser Röhre ein aus durchlöcherter Blech gebildetes Kohlenbecken befestigt, welches eine Höhe von ungefähr 0^m,4 hat und dessen oberer Durchmesser 0^m,35 ist. Dieser Apparat wird durch einen hölzernen Ring getragen, der auf drei Beinen ruht.

Dieses Gefäfs wird nun, bis zur Mündung des Rohres in das Becken, mit Wasser gefüllt, sein unteres Ende in ein etwas grofses mit glühenden Kohlen gefülltes Kohlenbecken gesenkt und auch das am Rohre befindliche Becken mit glühenden Kohlen gefüllt.

So sind alle Bedingungen erfüllt, welche nach Bunsen's Theorie die Eruptionen des Geysers bedingen. Die Wassermasse zwischen den beiden Kohlenbecken wird nach einiger Zeit bis zu der Temperatur erwärmt seyn, welche dem auf ihr lastenden Drucke entspricht. Beginnt nun an der Stelle des oberen Kohlenbeckens zuerst die Dampfbildung,

so werden die ersten Dampfblasen blofs ein Aufwallen des Wassers, eine convexe Wölbung desselben in der Mitte des Bassins veranlassen, weil die Dampfblasen in den oberen kälteren Wasserschichten bald wieder verdichtet werden. Allmählig wird aber das obere Wasser theils durch die fortwährende Strömung, theils durch die aufsteigenden Dampfblasen so weit erwärmt, dafs die folgenden Dampfblasen gröfser werden und höher aufsteigen können; ein Theil des Wassers im Rohre wird in Folge davon in das Bassin getrieben und daselbst ausgebreitet, und dadurch eine so namhafte Verminderung des auf den untersten Wasserschichten lastenden Druckes bewirkt, dafs hier auf einmal eine massenhafte Dampfentwicklung stattfinden kann, welche das siedende Wasser $1\frac{1}{2}$ bis 2 Fufs hoch über das Bassin hinausschleudert.

Unmittelbar auf eine solche Eruption folgt vollkommene Ruhe, erst nach 4 bis 5 Minuten beginnen die kleinen Aufwallungen wieder, welche der nächsten Eruption vorangehen.

Will man den Apparat in dieser Weise längere Zeit im Gange halten, so mufs man von Zeit zu Zeit Wasser nachfüllen, um das zu ersetzen, welches durch Verdampfung und Umherspritzen verloren gegangen ist.

So stellt denn dieser Apparat, wenn auch in kleinem Maafsstabe, die Geysererscheinung der Art nach vollkommen treu dar. Vielleicht liefse sich in der Gröfse des Effectes durch zweckmäfsige Veränderungen in den Verhältnissen des Apparates noch etwas gewinnen. Jedenfalls würde man durch Vergröfserung der Dimensionen, wozu mir leider keine Mittel zu Gebote stehen, weit höhere Eruptionen erzielen können.

Freiburg, den 20. Januar 1850.

IV. Ueber die Correction der Beobachtungen bei Anwendung ungleicher Flaschen zu den elektrischen Batterien; von K. W. Knochenhauer.

Bei den Versuchen über die durch eine Nebenbatterie veranlaßten Erscheinungen ist es vornehmlich erforderlich, daß beide Batterien ganz gleiche Flaschen enthalten, wenn anders die Beobachtungen zu allgemein gültigen Resultaten führen sollen. Da es indess in der Natur der Sache liegt, daß man selbst bei aller Vorsorge sich nicht durchaus gleiche Flaschen verschaffen kann, und es von der andern Seite doch gar zu langwierig ist, durch Versetzung der angewandten Flaschen brauchbare Mittelwerthe zu erzielen, so lag mir viel daran, eine Methode zu finden, nach der man die mit nicht ganz gleichen Flaschen gefundenen Zahlenwerthe auf diejenigen reduciren könne, die bei Anwendung gleicher entstanden seyn würden. Eine solche Methode läßt sich nun aus den Thatsachen herleiten, die Dove Ann. Bd. 72, S. 406 über die Flaschensäulen mitgetheilt hat; nur wird es nöthig seyn meine Ansichten über dieselben zuvor kurz zu entwickeln, weil ich in einigen Punkten nicht zu denselben Resultaten gelangt bin.

Ladet man zunächst eine nicht isolirte Flasche mit positiver Elektricität, indem man, um den herrschenden Sprachgebrauch beizubehalten, eine Elektricitätsmenge Q hineinleitet, so wird auf der äußeren Belegung eine Menge negativer Elektricität $= mQ$ gebunden; von der eingeführten Elektricität bindet diese wieder $+m^2Q$ und $+(1-m^2)Q$ bleibt frei; isolirt man also diese geladene Flasche und berührt die innere Belegung ableitend, so geht $(1-m^2)Q$ zum Erdboden, und die äußere Belegung erlangt $m(1-m^2)Q$ freie negative Elektricität. Wenn man zweitens die Flasche bei der Ladung isolirt aufstellt, so daß man die Ableitung von der äußeren Belegung zu jeder Zeit sowohl herstellen als unterbrechen kann, so sey aufsen bereits $-mQ$ gebun-

den und man hebe jetzt die Ableitung auf, so bindet jedes auf die innere Belegung noch übergeführte Quantum $+Q'$ ausen zwar auch $-mQ'$, zugleich aber bleibt auch $+mQ'$ frei, und die beiden Quanta $-mQ'$ und $+mQ'$ zusammenwirkend üben auf die innere Belegung keinen Einfluss aus, sondern lassen dort $+Q'$ frei. Endlich seyen drittens die inneren Belegungen zweier Flaschen metallisch verbunden und ebenso die äufsern unter einander, so bekommt jede Flasche die ihrer Gröfse entsprechende Ladung, beide aber besitzen gleiche Spannung der freien Elektricität, die durch Division der freien Elektricitätsmenge in jeder mit der Fläche ihrer Belegung erhalten wird. Da nun bei den Flaschen die inneren und äufseren Belegungen einander gleich sind, so folgt auch, dafs bei leitender Verbindung der inneren Belegung einer Flasche mit der äufsern einer andern auf beiden Belegungen das Gleichgewicht in der freien Spannung bestehen mufs. Aus den vorstehenden drei Sätzen, die wohl allgemein anerkannt werden, ergiebt sich unmittelbar folgende Vertheilung der Elektricität, der freien sowohl als der gebundenen, in mehreren an Bindungskraft gleichen und zu einer Säule isolirt aufgestellten Flaschen, von denen die erste, welche mit dem Erdboden ableitend verbunden ist, eine belegte Fläche $= n's$ { n' die Zahl und s die angenommene Flächeneinheit }, die darauf folgende eine Fläche $n''s$, die dritte eine Fläche $= n'''s$ u. s. f. enthält bis zu der Flasche hin, welche, als die letzte positive Elektricität unmittelbar vom Conductor der Maschine empfängt. Zur Abkürzung wollen wir die gebundene Elektricität in Klammern $[]$ einschließen, die freie ohne Weiteres hinsetzen.

Erste Flasche.

Äufssere Belegung: $-[Q]$.

Innere Belegung: $\varphi Q + [mQ]$, wo $\varphi + m : 1 = 1 : m$.

oder $\varphi = \frac{1-m^2}{m}$ ist; also

freie Spannung $E' = \frac{\varphi Q}{s} \left(\frac{1}{n'} \right)$.

Zweite Flasche.

$$\text{Äußere Belegung: } \frac{q Q n''}{n'} - \left[\frac{Q}{m} + \frac{q Q n''}{n'} \right].$$

$$\text{Innere Belegung: } \frac{q Q n''}{m} \left(\frac{1}{n'} + \frac{1}{n''} \right) + [Q]; \text{ also}$$

$$\text{freie Spannung } E'' = \frac{q Q}{m s} \left(\frac{1}{n'} + \frac{1}{n''} \right).$$

Dritte Flasche.

$$\text{Äußere Belegung: } \frac{q Q n'''}{m} \left(\frac{1}{n'} + \frac{1}{n''} \right) - \left[\frac{Q}{m^2} + \frac{q Q}{m} \left(\frac{n'''+n''}{n'} + \frac{n'''}{n''} \right) \right].$$

$$\text{Innere Belegung: } \frac{q Q n'''}{m^2} \left\{ \frac{1}{n'} + \frac{1}{n''} + \frac{1}{n'''} (1 + m \varphi \frac{n''}{n'}) \right\} + \left[\frac{Q}{m} + \frac{q Q n''}{n'} \right]; \text{ also}$$

$$\text{freie Spannung } E''' = \frac{q Q}{m^2 s} \left\{ \frac{1}{n'} + \frac{1}{n''} + \frac{1}{n'''} (1 + m \varphi \frac{n''}{n'}) \right\}.$$

Vierte Flasche.

$$\text{Äußere Belegung: } \frac{q Q n''''}{m^2} \left\{ \frac{1}{n'} + \frac{1}{n''} + \frac{1}{n'''} (1 + m \varphi \frac{n''}{n'}) \right\} - \left[\frac{Q}{m^3} + \frac{q Q}{m^2} \left(\frac{n'''+n''+n'''}{n'} + \frac{n'''+n''}{n''} + \frac{n'''}{n'''} \right) \right].$$

$$\text{Innere Belegung: } \frac{q Q n''''}{m^3} \left\{ \frac{1}{n'} + \frac{1}{n''} + \frac{1}{n'''} (1 + m \varphi \frac{n''}{n'}) + \frac{1}{n''''} (1 + m \varphi \frac{n'''+n''}{n'} + m \varphi \frac{n'''}{n''}) \right\} + \left[\frac{Q}{m^2} + \frac{q Q}{m} \left(\frac{n'''+n''}{n'} + \frac{n'''}{n''} \right) \right]; \text{ also}$$

$$\text{freie Spannung } E'''' = \frac{q Q}{m^3 s} \left\{ \frac{1}{n'} + \frac{1}{n''} + \frac{1}{n'''} (1 + m \varphi \frac{n''}{n'}) + \frac{1}{n''''} (1 + m \varphi \frac{n'''+n''}{n'} + m \varphi \frac{n'''}{n''}) \right\}$$

Die Entwicklung läßt sich leicht fortsetzen, und es werde demnach die freie Spannung in der k ten Flasche allgemein mit

$$E^k = \frac{q Q}{m^{k-1} s} \Sigma^k \left(\frac{1}{n} \right).$$

bezeichnet. Diese Formel erlangt einen weiteren Umfang

durch folgende Betrachtungen. Wenn die erste Flasche mit der Lane'schen Flasche verbunden ist und durch diese die Ableitung von $+Q$ bewirkt wird, so entsteht bei der allmähigen Ladung der Maafsflasche eine nach und nach wachsende freie Spannung p auf der Aussen- und in der k ten, mit Uebergang der den Factor φ enthaltenen Glieder, als $\frac{p}{m^k}$ erscheint. Nimmt man ferner die bindende Kraft der Flaschen nicht als gleich an, geht sie vielmehr bei einer Flasche φ in $\varphi' = \frac{1}{a} \varphi$ über, wo, wenn man nicht absichtlich Flaschen von dünnerem und stärkerem Glase combinirt, sondern, wie es bei Batterien gewöhnlich ist, doch so weit als möglich gleiche Flaschen mit einander verbindet, a nicht viel von der Einheit verschieden ist, so ändert sich in den obigen Formeln nur das zu der betreffenden Flasche gehörige n in an , d. h. die belegte Fläche wird im Verhältniss von $1:a$ scheinbar vergrößert oder verringert, und man kann, ohne für die Instrumente wenigstens, mit welchen wir beobachten, einen irgendwie bemerkbaren Fehler herbeizuführen, statt des zu φ' gehörigen m' , das bis auf die zweite Potenz von $\varphi = m + \frac{a-1}{2a} \varphi$ ist, m beibehalten. Diese Substitution von $\frac{1}{a} \varphi$ für φ' hat bei einfachen Flaschen oder Batterien allgemeine Gültigkeit, da m in der Formel E' ausfällt. Sobald endlich ein Glied in der Flaschensäule aus mehreren zu einer Batterie vereinigten Flaschen besteht, so begreift man unter ns die gesammte belegte Oberfläche, weil durch das nähere Aneinanderrücken der einzelnen Flaschen in der Vertheilung der Elektrizität auf die innere Belegungen bis jetzt keine gegenseitige Störung bemerkt worden ist, und diese, wie die nachfolgenden Beobachtungen zeigen werden, auch bei den äussern Belegungen nicht vorkommt. Die allgemeine Formel findet demnach auch auf die Zusammenordnung von Batterien zu Flaschensäulen Anwendung, und n

bezeichnet bei lauter gleichen Flaschen, von denen jede eine belegte Fläche s hat, die Zahl der Flaschen in den einzelnen Batterien. Will man zur größeren Vereinfachung $m=1$ setzen und φ^2 vernachlässigen, so hat man allgemein bei k mit einander zur Säule verbundenen Batterien von $n', n'', n''' \dots$ Flaschen die freie Spannung im Innern der iten oder

$$E^i = \frac{\varphi Q}{s} \left(\frac{1}{n'} + \frac{1}{n''} + \frac{1}{n'''} + \dots + \frac{1}{n^k} \right)$$

und bei Batterien von durchweg gleicher Flaschenzahl n

$$E^i = \frac{\varphi Q i}{n s}$$

Bei der Messung des Entladungstroms im Schließungsbogen, welcher das erste mit dem letzten Gliede einer Säule verbindet, gilt, wie sonst überall, für die Grade ϑ im Luftthermometer

$$\vartheta = \alpha i^2 t,$$

worin α eine Constante, i die Intensität des Stromes und t die Entladungsdauer bezeichnet. Es ist aber bekanntlich

i proportional zu $\frac{E}{w}$, wenn w den Gesamtwiderstand im

Schließungsbogen und in der Flaschensäule angiebt, und t ist einmal proportional zu w , dann aber, wie bereits Dove nachgewiesen hat, auch umgekehrt proportional zu dem Grade, in dem die Säule bei gleicher zur Ladung verwandten Elektricitätsmenge die freie Spannung in sich steigert. Bisher, wo uns nur einfache Batterien vorlagen, setzten wir t kurzweg proportional zu s , welches hier die gesammte belegte Fläche ausdrückte, gegenwärtig, wo die Säule in den Kreis der Betrachtung gezogen ist, müssen wir allgemeiner t proportional zu

$$\frac{m^{k-1}s}{\varphi \left\{ \frac{1}{n'} + \frac{1}{n''} + \frac{1}{n'''} (1 + m \varphi \frac{n'''}{n'}) + \dots \right\}}$$

oder zu $\frac{m^{k-1}s}{\varphi \sum (\frac{1}{n})}$ annehmen: daher ist die allgemeine Wärmeformel, wenn man die für gegebene Flaschen constanten

Größen m und φ mit α vereinigt und die Flächeneinheit $s=1$ setzt,

$$\vartheta = \alpha \left(\frac{E}{w} \right)^2 \frac{w}{s^2 \left(\frac{1}{n} \right)} = \alpha \frac{(E)^2}{w s^2 \left(\frac{1}{n} \right)}.$$

Zu meinen Versuchen standen mir nur vier Flaschen zu Gebote, die, nach dem bereits früher Beigebrachten, weder an Gröfse noch an bindender Kraft ganz gleich sind. Da nun aber zufolge der obigen Formeln es gleich ist, ob die freie Spannung in den Flaschen einer Batterie durch ungleich grofse Belegung oder durch ungleiche Glasstärke verändert wird, indem man beide Umstände immer so ansehen kann, als wäre nur eine ungleiche belegte Fläche in den einzelnen Flaschen vorhanden, so lassen sich aus meinen, Ann. Bd. 78, S. 42 mitgetheilten, Versuchen nach der Formel $\vartheta = \alpha \frac{(E)^2}{w \left(\frac{1}{n} \right)} = \alpha \frac{(E)^2 n}{w}$ die Werthe von n für

die einzelnen Flaschen in der Weise berechnen, dafs man die Belegungsfläche s der supponirten mittleren Flasche als Einheit annimmt. Aus den Versuchen der ersten Abtheilung ergibt sich hiernach für Flasche 1 $n=0,983$, Fl. 2 $n=1,067$, Fl. 3 $n=0,897$, Fl. 4 $n=1,053$; aus der zweiten Abtheilung für Flasche 1 $n=0,985$, Fl. 2 $n=1,078$, Fl. 3 $n=0,882$, Fl. 4 $n=1,055$; im Mittel also für Flasche 1 $n=0,984$, Fl. 2 $n=1,072$, Fl. 3 $n=0,890$, Fl. 4 $n=1,054$.

Um auch m zu bestimmen, wurde Flasche 1 isolirt aufgestellt und die innere Belegung mit dem Arm des Conductors der Maschine unmittelbar verbunden; jener wurde von den zuvor auf gleichen Abstand der Kugeln eingestellten Funkenmesser und Auslader, jener mit der inneren und äufseren Belegung der Flasche in Verbindung gebracht, während dieser über sich die an der äufseren Belegung freigeWORDENE positive Elektricität zur Erde ableitete. Bis zur Entladung über den Funkenmesser wurden am Auslader im Mittel 63 Funken gezählt. Hiernach kam der Auslader zwischen Conductor und innere Belegung und es wa-

ren im Mittel 103 Funken erforderlich, um die Entladung der Flasche über dem Funkenmesser zu bewirken. Da in ersterem Falle mit jedem gezählten Funken eine Elektrizitätsmenge in die Flasche gelangt, die von der durch die Stellung der Kugeln am Funkenmesser bedingten Intensität die innere Belegung und den Conductor zugleich bedeckt, im anderen eine Elektrizitätsmenge, die von gleicher Intensität den Conductor allein bedeckt, so bekommt man die Funkenzahl, die der inneren Fläche der Flasche entspricht = 162, und die innere Fläche der Flasche würde sich zur Oberfläche des Conductors wie 40 : 63 verhalten. Der Conductor meiner Maschine, der eine Kugel bildet, enthält aber mit Ausnahme der Einsauger und des hinteren beweglichen Arms 316 □ Zoll, die Belegung der Flasche beträgt 200 □ Zoll, so daß das angegebene Verhältniß auch wirklich der dritten Messung entspricht. Aus den vorstehenden, auf die mittlere Flasche reducirten Angaben folgt $\varphi = 0,006$, $m = 0,997$ und $\frac{1}{m} = 1,003$.

Nach diesen Vorbereitungen beobachtete ich zunächst die freie Spannung, um die Formel für E zu prüfen. Hierzu wurden die Flaschen auf einen Fuß hohen ganz gläsernen Schemel gesetzt und die innere Belegung jedes Gliedes der Säule durch einen 2' langen Kupferdraht von der gewöhnlichen Stärke aber von der neuen Sorte (s. meine letzte Abh. in d. Bd. S. 255) mit der äußeren Belegung des nach dem Conductor der Maschine zu vorhergehenden Gliedes in sichere Verbindung gebracht, wobei die einzelnen Glieder so weit von einander entfernt standen, als es die 2' Kupferdraht zuließen; bildeten 2 oder 3 Flaschen ein Glied, so waren sie neben einander auf die gewöhnliche Weise zur Batterie verbunden. Um die verschiedenen Säulen zu bezeichnen, nenne ich die Flaschen, die vom Conductor ab sich folgen, jedes Glied vom anderen durch einen Punkt getrennt; Glieder aus mehreren Flaschen erhalten die Nummer derselben durch + vereinigt. Z. B. Batt. 1. 2. 3. 4 bezeichnet eine viergliedrige Säule, in der vom Conductor

ab Flasche 1, 2, 3, 4 auf einander folgen; Batt. 1. 2+3. 4 ist eine dreigliedrige Säule. Die äußerste Flasche vom Conductor ab, die bei Aufstellung der Formel als die erste betrachtet wurde, stand mit einer ganz kleinen Lane'schen Flasche in Verbindung, deren Selbstentladungen die Zahlen für Q angaben. Nach der ersten Reihe zerbrach diese Flasche, und die beiden folgenden Reihen wurden mit einer anderen angestellt, deren Kugeln für die dritte Reihe noch etwas näher an einander gestellt waren. Bestand nun die Säule z. B. aus 1. 2. 3. 4, so würde die eine Kugel des Funkenmessers mit der inneren Belegung der Flasche 1 verbunden, die andere Kugel nach einander mit der äußeren Belegung der Flasche 4, 3, 2 oder 1, und Q gezählt, bis die Entladung der Batterie über dem Funkenmesser erfolgte. Die durch den Stand desselben bestimmte freie Spannung wurde durch dieselben Zahlen ausgedrückt, die ich schon früher unter der Bezeichnung $\left(\frac{q}{s}\right)$ angegeben habe; in den folgenden Tabellen enthält sie die zweite Columnne unter E , während die erste den Abstand der Kugeln des Funkenmessers (FM) in pariser Linien angiebt. Zur Berechnung der Beobachtungen wurde die obige Formel unter die Form

$$E^k = C Q \Sigma^* \left(\frac{1}{n} \right)$$

gebracht, worin die Constante C die GröÙe φ , die Flächeneinheit s und die den Zahlen für E und Q zum Grunde liegenden Einheiten zu gleicher Zeit umfasst, $\Sigma^* \left(\frac{1}{n} \right)$ wurde streng nach den beigebrachten Werthen für m , φ und den verschiedenen Angaben für n berechnet, doch wurde die ganz unbedeutende durch die Lane'sche Flasche bewirkte Differenz zwischen p und $\frac{p}{m^k}$ übergegangen. War also in dem angeführten Beispiele die innere Belegung von Fl. 1 mit der äußeren von 4 durch den Funkenmesser verbunden, so gab E den Werth von E^{IV} , war die innere Belegung von Fl. 1. mit der äußeren von 3 verbunden, so gab

E den Werth von $E^{IV} - E'$, und so fort $E^{IV} - E'$, $E^{IV} - E''$, so daß die Bezeichnungen in den Tabellen unmittelbar angeben, bei welcher Verbindung der Glieder die Entladung über den Funkenmesser erfolgte. Die Constante C wurde als Mittel aus allen Beobachtungen gezogen. Daß übrigens vor jedem einzelnen Versuche alle Flaschen sorgfältig entladen werden müssen, versteht sich von selbst. Die Formel bewährte sich durchweg, ja die Uebereinstimmung würde vielleicht noch größer seyn, wenn die Lane'sche Flasche eine ganze Reihe hindurch so constant bliebe, daß sich bei der Repetition rückwärts nicht noch bemerkbare kleinere Differenzen hervorstellten: doch könnte der Grund auch in dem etwas veränderten Zustande der Maschine oder selbst in dem etwas veränderten Luftzustande des Zimmers liegen. Jede Reihe wurde übrigens vor- und rückwärts in einem Zuge beendet.

Erste Reihe. $C=1,736.$ 1)

F.M.	E.	Batt. 1. 2. 3. 4.							
		E^{IV}		$E^{IV} - E'$		$E^{IV} - E''$		$E^{IV} - E'''$	
		Q beob.	Q ber.	Q beob.	Q ber.	Q beob.	Q ber.	Q beob.	Q ber.
0,49	13,25	—	—	—	—	—	—	7,1	7,2
0,69	17,25	—	—	—	—	—	—	9,4	9,4
0,89	21,25	—	—	—	—	6,0	6,1	11,6	11,6
1,29	29,25	—	—	—	—	8,2	8,4	—	—
1,69	37,25	—	—	6,9	6,9	10,5	10,7	—	—
2,09	45,25	—	—	8,5	8,3	—	—	—	—
2,49	53,25	7,6	7,5	9,7	9,8	—	—	—	—
2,89	61,25	8,7	8,6	—	—	—	—	—	—
3,29	69,25	9,9	9,8	—	—	—	—	—	—

1) Diese Reihe bietet die größte Differenz mit Dove's Angabe dar; unter der Voraussetzung nämlich, daß die Flaschen gleich und die freie Spannung der Funkenlänge proportional sey, erhält man nach seiner Formel, wenn man 7,6 bei $E=53,25$ zum Grunde legt, folgende Berechnung, in der zur Raumersparniß die Zahlen neben einander gesetzt sind:

E^{IV}		$E^{IV} - E'$		$E^{IV} - E''$		$E^{IV} - E'''$	
Q beob.	Q ber.	Q beob.	Q ber.	Q beob.	Q ber.	Q beob.	Q ber.
7,6	7,6	6,9	9,1	6,0	10,9	7,1	23,9
8,7	8,8	8,5	11,3	8,2	15,7	9,4	33,7
9,9	10,0	9,7	13,5	10,5	19,5	11,6	43,4

Wie ich mir diese behebende Differenz erklären soll, weiß ich nicht.

Zweite Reihe. $C=1,408$.

FM.	E.	Batt. 1. 2. 4.					
		E''		$E''-E'$		$E'''-E''$	
		Q beob.	Q ber.	Q beob.	Q ber.	Q beob.	Q ber.
0,49	13,25	—	—	—	—	9,0	9,1
0,89	21,25	—	—	—	—	14,6	14,6
1,29	29,25	—	—	—	—	20,0	20,1
1,69	37,25	—	—	13,6	13,4	—	—
2,49	53,25	13,0	12,9	19,2	19,2	—	—
3,29	69,25	16,7	16,8	—	—	—	—

Batt. 1. 2. 3+4.						Batt. 1. 2+3. 4.					
E''		$E''-E'$		$E'''-E''$		E''		$E''-E'$		$E'''-E''$	
Q beob.	Q ber.	Q beob.	Q ber.	Q beob.	Q ber.	Q beob.	Q ber.	Q beob.	Q ber.	Q beob.	Q ber.
—	—	—	—	9,2	9,1	—	—	—	—	9,0	9,1
—	—	—	—	14,9	14,6	—	—	—	—	14,7	14,6
—	—	11,0	10,6	20,9	20,1	—	—	—	—	20,4	20,1
—	—	13,7	13,4	—	—	—	—	16,6	17,7	—	—
15,4	15,2	19,4	19,2	—	—	15,0	15,1	23,9	24,4	—	—
19,7	19,8	—	—	—	—	19,5	19,7	—	—	—	—

Batt. 1+3. 2. 4.						Batt. 1. 4.			
E''		$E''-E'$		$E'''-E''$		E''		$E''-E'$	
Q beob.	Q ber.	Q beob.	Q ber.	Q beob.	Q ber.	Q beob.	Q ber.	Q beob.	Q ber.
—	—	—	—	17,0	17,2	—	—	9,0	9,2
—	—	—	—	28,0	27,7	—	—	14,6	14,8
—	—	14,0	14,0	—	—	10,4	10,5	20,0	20,3
10,9	10,9	17,7	17,8	—	—	13,2	13,4	—	—
15,5	15,5	—	—	—	—	19,0	19,2	—	—
20,0	20,2	—	—	—	—	—	—	—	—

Batt. 1+2. 4.				Batt. 1+2+3. 4.			
E''		$E''-E'$		E''		$E''-E'$	
Q beob.	Q ber.	Q beob.	Q ber.	Q beob.	Q ber.	Q beob.	Q ber.
—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—
14,5	—	14,4	—	16,1	—	16,1	—
18,2	—	18,4	—	20,5	—	20,5	—
25,7	—	26,2	—	29,4	—	29,3	—
—	—	—	—	—	—	—	—

Dritte Reihe. $C=1,212$.

FM.	E.	Batt. 1. 3. 2. 4.							
		E^{IV}		$E^{IV}-E'$		$E^{IV}-E''$		$E^{IV}-E'''$	
		Q beob.	Q ber.	Q beob.	Q ber.	Q beob.	Q ber.	Q beob.	Q ber.
0,49	13,25	—	—	—	—	—	—	10,5	10,4
0,89	21,25	—	—	—	—	—	—	17,1	16,7
1,29	29,25	—	—	—	—	10,6	11,0	—	—
1,69	37,25	—	—	9,5	9,8	13,7	14,0	—	—
2,49	53,25	10,5	10,8	13,6	14,0	—	—	—	—
3,29	69,25	13,9	14,0	—	—	—	—	—	—

Batt. 1. 2. 4.						Batt. 1. 2+3. 4.					
E''		$E''-E'$		$E''-E''$		E''		$E''-E'$		$E''-E''$	
Q beob.	Q ber.	Q beob.	Q ber.	Q beob.	Q ber.	Q beob.	Q ber.	Q beob.	Q ber.	Q beob.	Q ber.
—	—	—	—	10,6	10,6	—	—	—	—	10,6	10,6
—	—	—	—	17,4	17,0	—	—	—	—	17,4	17,0
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	24,0	23,4
—	—	15,5	15,6	—	—	—	—	20,1	19,9	—	—
14,9	14,7	22,5	22,3	—	—	17,4	17,6	28,7	28,4	—	—
19,5	19,2	—	—	—	—	22,1	22,9	—	—	—	—

Batt. 1+3. 2. 4.						Batt. 1. 4.		B. 1+3. 4.		B. 1+2+3. 4.	
E''		$E''-E'$		$E''-E''$		E''		E''		E''	
Q beob.	Q ber.	Q beob.	Q ber.	Q beob.	Q ber.	Q beob.	Q ber.	Q beob.	Q ber.	Q beob.	Q ber.
—	—	—	—	20,0	20,0	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	32,0	32,1	—	—	—	—	—	—
—	—	16,6	16,3	—	—	12,2	12,2	16,2	16,2	19,1	18,7
12,4	12,6	21,2	20,7	—	—	16,1	15,6	20,2	20,7	24,0	23,8
17,7	18,0	—	—	—	—	23,0	22,3	29,0	29,5	34,0	34,0
23,0	23,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Bei den Messungen mit dem Luftthermometer gingen in den Schließungsdraht der beiden äußersten Flaschen außer dem Luftthermometer selbst und dem Funkenmesser 8' der neuen Sorte Kupferdraht ein, so daß der Widerstand der Metalleitung bei einem Gliede nach den von mir früher angenommenen Einheiten $=1,02$ ist und bei jedem weiteren Gliede um 0,03 wächst; dazu kommt der Widerstand in der durchbrochenen Luftschicht. Leider konnte ich diese Versuche nicht unter ähnlichen Verhält-

nissen wie im Sommer anstellen, und so den Werth der Constante α in der Formel

$$\vartheta = \alpha \frac{(E)^2}{x^2 \left(\frac{1}{n}\right)}$$

aus den früheren Beobachtungen entlehnen, der sich freilich auch um etwas wenigens geändert haben könnte, seitdem in das Instrument ein neuer Platindraht, übrigens von gleicher Länge und Stärke wie der frühere, eingekittet worden ist. Als ich nämlich im geheizten Zimmer experimentiren wollte, kam das Thermometer bei geschlossener Klappe nicht ganz zur festen Ruhe; so lange das Feuer im Ofen brannte, ging die Spiritussäule herab, und umgekehrt stieg sie, nachdem das Feuer ausgegangen war. Ich war deshalb genöthigt, im ungeheizten Raume bei einer Temperatur von etwa 0° zu operiren, wodurch sich die Constante α von ihrem früheren Werthe 0,0060 auf 0,0054, gemäß den mit einer Flasche allein angestellten Beobachtungen, erniedrigte; in dem noch mäßig warmen Zimmer am vorhergehenden Tage, wo das Thermometer wieder leidlich zu brauchen war, war sie 0,0057 gewesen. Schon früher im Sommer habe ich diese Aenderung beim Temperaturwechsel, wenn auch im geringeren Grade, wahrgenommen und in meiner letzten Abhandlung darauf aufmerksam gemacht. Die Flaschensäulen geben der Formel gut entsprechende Resultate, nur bieten sie die auffallende Erscheinung dar, daß der Widerstand der Luft für sie geringer, wahrscheinlich $\frac{2}{3}$ mal so groß ist, als für einfache Batterien oder Flaschen; da jedoch die Beobachtungen mit den wenigen Flaschen, die mir zu Gebote standen, meist nur kleine Zahlen für ϑ liefern und ich anzunehmen geneigt bin, daß die sehr kleinen Zahlen bei der niedrigen Temperatur etwas zu gering ausfallen, so habe ich Bedenken getragen, den hier vorliegenden Widerstand der Luft streng festzusetzen, es vielmehr vorgezogen, zu Gunsten der Beobachtungen bei $E=37,25$ den Widerstand zu 0,23, bei $E=53,25$ zu 0,41, bei $E=69,25$ zu 0,62 und bei $E=85,25$ zu 0,88 zu rechnen. Den an-

gegebenen Unterschied im Widerstande verbürgen aber nicht nur sämtliche Flaschensäulen, sondern ich fand ihn auch bei den Beobachtungen im mäßig warmen Zimmer vollkommen bestätigt. Die Versuche selbst giebt folgende Reihe:

FM.	E.	Batt. 1.		Batt. 1+2+3. 4.		Batt. +3. 4.		Batt. 1. 4.	
		ø beob.	ø ber.	ø beob.	ø ber.	ø beob.	ø ber.	ø beob.	ø ber.
1,69	37,25	5,6	5,8	4,5	4,5	3,9	4,0	2,8	3,0
2,49	53,25	9,6	9,7	8,1	8,1	7,1	7,1	5,2	5,3
3,29	69,25	13,2	13,2	11,8	12,0	10,4	10,4	7,9	7,8
4,09	85,25	16,7	16,8	15,6	15,7	13,9	13,7	10,3	10,3

Batt. 1. 2. 4.		Batt. 1+3. 2. 4.		Batt. 1. 2+3. 4.		Batt. 1. 3. 2. 4.	
ø beob.	ø ber.	ø beob.	ø ber.	ø beob.	ø ber.	ø beob.	ø ber.
3,5	3,8	4,2	4,2	4,1	4,1	2,4	2,5
5,3	5,3	6,3	6,3	6,1	6,1	3,8	3,7
7,0	6,8	8,4	8,2	8,2	8,0	4,9	4,8

Nachdem nun in dem Vorstehenden durch die Messungen die Gültigkeit der oben aufgestellten Formeln und damit der Satz erwiesen ist, daß die Entladungsdauer der Batterie nicht, wie bisher angenommen wurde und wie es bei ganz gleichartigen Flaschen in einfacher Batterie auch der Fall ist, zu der Gröfse der belegten Fläche proportional wächst, sondern vielmehr zu dem Grade umgekehrt proportional ist, in dem die Batterie bei gleicher Ladung die freie Spannung der Elektrizität in sich steigert, so wird es möglich, den Werth der einzelnen Flaschen aus Thermometerbeobachtungen festzusetzen und es dabei unentschieden zu lassen, ob bei gleicher Ladung zur Vermehrung oder Verminderung der freien Spannung in einer Flasche die kleinere oder gröfsere belegte Fläche, oder umgekehrt die gröfsere oder geringere Glasstärke beitrage. Schon oben habe ich aus meinen früheren Beobachtungen die Werthe gezogen, welche meinen 4 Flaschen zukommen; ich will also jetzt nur noch an einem Beispiele zeigen, daß die so festgestellte Correction allgemeine Anwendung findet. In meiner letzten Abhandlung S. 255 d. Bd. hatte ich die Ne-

benbatterie aus Flasche 1+2 gebildet, in die Hauptbatterie dagegen erst Flasche 4, dann Flasche 3 genommen, und dadurch beträchtlich von einander abweichende Zahlen für das Verhältniß $\frac{n}{h}$ gefunden. Da Batt. 1+2 nach dem Obigem einen Werth von 2,056, Flasche 4 einen Werth von 1,054 und Flasche 3 von 0,890 hat, so müssen die beobachteten Verhältnißzahlen $\frac{n}{h}$ auf den Fall, daß die belegte Fläche in der Hauptbatterie unter sonst gleichen Umständen gerade halb so groß ist als diejenige der Nebenbatterie, in der ersten Reihe durch Multiplication mit $\frac{2 \times 1,054}{2,056} = 1,025$, in der zweiten durch Multiplication mit $\frac{2 \times 0,890}{2,056} = 0,866$ reducirt werden, und man erhält dann folgende Zusammenstellung:

	1. M getrennt.		2. M gemeinsam.	
	N=5'5 K.+Pl. $\frac{n}{h}$	N=3'5 K.+2 Pl. $\frac{n}{h}$	N=5'5 K.+Pl. $\frac{n}{h}$	N=3'5 K.+2 Pl. $\frac{n}{h}$
aus Hptbtt.	1,269	0,924	1,576	1,325
Fl. 4.	1,250	0,927	1,560	1,312
	1,199	0,920	1,516	1,284
aus Hptbtt.	1,257	0,975	1,501	1,328
Fl. 3.	1,223	0,951	1,476	1,287
	1,197	0,967	1,464	1,290
Mittel	1,232	0,944	1,515	1,304

Die Differenzen sind nach der Correction nicht größer, als man sie sonst auch bei gleichen, nur zu verschiedenen Zeiten ausgeführten Reihen findet; somit bewährt sich die vorgeschlagene Reductionsmethode an diesen Beobachtungen vollkommen.

V. Ueber die bewegende Kraft der Wärme und die Gesetze, welche sich daraus für die Wärmelehre selbst ableiten lassen; von R. Clausius.

Seit man mit Hülfe der Dampfmaschinen die Wärme als bewegende Kraft benutzt, und dadurch practisch darauf hingewiesen hat, eine gewisse Arbeitsgröfse als Aequivalent für die dazu nöthige Wärme zu betrachten, lag es nahe, auch theoretisch eine bestimmte Beziehung zwischen einer Wärmemenge und der durch sie möglicher Weise hervorzubringenden Arbeit vorauszusetzen, und diese Beziehung zu benutzen, um aus ihr Schlüsse über das Wesen und die Gesetze der Wärme selbst abzuleiten. Es sind auch in der That schon einige erfolgreiche Versuche der Art gemacht; doch glaube ich, dafs der Gegenstand damit noch nicht erschöpft ist, sondern die fortgesetzte Beachtung der Physiker verdient, indem sich theils gegen die bisher gezogenen Schlüsse noch erhebliche Einwendungen machen lassen, theils andere Schlüsse, zu welchen sich Gelegenheit bietet, und welche zur Begründung und Vervollständigung der Wärmetheorie wesentlich beitragen können, entweder noch ganz unerwähnt geblieben, oder doch noch nicht mit hinlänglicher Bestimmtheit ausgesprochen sind.

Die wichtigste hierher gehörige Untersuchung rührt von S. Carnot her ¹⁾ und die Ideen dieses Autors sind später noch auf eine sehr geschickte Weise von Clapeyron *analytisch* dargestellt²⁾. Carnot weist nach, dafs jederzeit, wenn Arbeit durch Wärme geleistet wird, und nicht zugleich eine

1) *Réflexion sur la puissance motrice du feu, et sur les machines propre à développer cette puissance, par S. Carnot. Paris 1824.* Ich habe mir dieses Werk selbst nicht verschaffen können, sondern kenne es nur aus den Bearbeitungen von Clapeyron und Thomson, und aus der letzteren sind auch die weiter unten angeführten Stellen entnommen.

2) *Journ. de l'école polytechnique T. XIX. (1834) und Pogg. Ann. Bd. LIX.*

bleibende Veränderung in dem Zustande des wirksamen Körpers eintritt, eine gewisse Wärmemenge von einem warmen zu einem kalten Körper übergeht, wie z. B. bei der Dampfmaschine durch Vermittelung des Dampfes, welcher sich im Kessel entwickelt und dann im Condensator wieder niederschlägt, Wärme vom Heerde, zum Condensator übertragen wird. Diese *Uebertragung* nun betrachtet er als die der hervorgebrachten Arbeit entsprechende Wärmeveränderung. Er sagt ausdrücklich, dafs dabei keine Wärme *verloren* gehe, sondern die *Quantität* derselben unverändert bleibe, indem er hinzufügt: „Diese Thatsache ist nie bezweifelt worden; sie ist zuerst ohne Untersuchung angenommen, und dann in vielen Fällen durch calorimetrische Versuche bestätigt. Sie zu verneinen würde heifsen, die ganze Theorie der Wärme, in welcher sie der Hauptgrundsatz ist, umstofsen“.

Ich weifs indessen nicht, dafs es experimentell hinlänglich feststeht, dafs bei der Erzeugung von Arbeit nie ein Verlust von Wärme stattfindet; vielmehr kann man vielleicht mit gröfserem Rechte das Gegentheil behaupten, dafs, wenn ein solcher Verlust auch noch nicht direct nachgewiesen ist, er doch durch andere Thatsachen nicht nur zulässig, sondern sogar höchst wahrscheinlich gemacht wird. Wenn man annimmt, die Wärme könne, ebenso wie ein Stoff, nicht an Quantität geringer werden, so mufs man auch annehmen, dafs sie sich nicht vermehren könne. Es ist aber fast unmöglich z. B. die durch Reibung verursachte Erwärmung ohne eine Vermehrung der Wärmequantität zu erklären, und durch die sorgfältigen Versuche von Joule, bei welchen auf sehr verschiedene Weisen unter Anwendung von mechanischer Arbeit Erwärmung hervorgerufen wurde, ist ausser der Möglichkeit, die Wärmequantität überhaupt zu vermehren, auch der Satz, dafs die Menge der neu erzeugten Wärme der dazu angewandten Arbeit proportional sey, fast zur Gewifsheit geworden. Dazu kommt noch, dafs in neuerer Zeit immer noch mehr Thatsachen bekannt werden, welche dafür sprechen, dafs die Wärme

nicht ein Stoff sey, sondern in einer Bewegung der kleinsten Theile der Körper bestehe. Wenn dieses richtig ist, so muß sich auf die Wärme auch der allgemeine Satz der Mechanik anwenden lassen, daß eine vorhandene Bewegung sich in Arbeit umsetzen kann, und zwar so, daß der Verlust an lebendiger Kraft der geleisteten Arbeit proportional ist.

Diese Umstände, welche auch Carnot sehr wohl kannte, und deren Gewicht er ausdrücklich zugestanden hat, fordern dringend dazu auf, die Vergleichung zwischen Wärme und Arbeit, auch unter der abweichenden Voraussetzung vorzunehmen, daß zur Erzeugung von Arbeit nicht bloß eine Aenderung in der *Vertheilung* der Wärme, sondern auch ein wirklicher *Verbrauch* von Wärme nöthig sey, und daß umgekehrt durch Verbrauch von Arbeit wiederum Wärme erzeugt werden könne.

In einer vor Kurzem erschienenen Abhandlung von Holtzmann¹⁾ scheint es anfangs, als wolle der Verfasser den Gegenstand von diesem letzteren Gesichtspunkte aus betrachten. Er sagt (S. 7): „die Wirkung der zu dem Gase getretenen Wärme ist somit entweder Temperaturerhöhung, verbunden mit Vermehrung der Elasticität, oder eine mechanische Arbeit, oder eine Verbindung von beiden, und eine mechanische Arbeit ist das Aequivalent der Temperaturerhöhung. Die Wärme kann man nur durch ihre Wirkungen messen; von den beiden genannten Wirkungen paßt hierzu besonders die mechanische Arbeit, und diese soll in dem Folgenden hierzu gewählt werden. Ich nenne Wärmeeinheit die Wärme, welche bei ihrem Zutritte zu Gas die mechanische Arbeit a zu leisten vermag, d. h. um bestimmte Maasse zu gebrauchen, die a Kilogramme auf 1 Meter erheben kann“. Später (S. 12.) bestimmt er auch den Zahlenwerth der Constanten a auf dieselbe Weise wie es schon früher von Meyer geschehen ist²⁾, und er-

1) Ueber die Wärme und Elasticität der Gase und Dämpfe; von C. Holtzmann. Mannheim 1845; auch Pogg. Ann. Bd. 72a.

2) Ann. der Chem. und Pharm. von Wöhler und Liebig Bd. XLII. S. 239.

hält eine Zahl, die ganz dem von Joule auf verschiedene andere Weisen bestimmten Wärmeäquivalente entspricht. Bei der weitem Ausführung der Theorie aber, nämlich bei der Entwicklung der Gleichungen, durch welche die von ihm gezogenen Schlüsse vermittelt werden, verfährt er ebenso wie Clapeyron, so dafs darin doch wieder stillschweigend die Annahme liegt, dafs die Quantität der Wärme constant sey.

Viel klarer ist der Unterschied der beiden Betrachtungsweisen von W. Thomson aufgefaßt, welcher die Carnot'sche Abhandlung durch Anwendung der neueren Beobachtungen von Regnault über die Spannkraft und latente Wärme des Wasserdampfes vervollständigt hat¹⁾. Dieser spricht die Hindernisse, welche der unbedingten Annahme der Carnot'schen Theorie entgegenstehen, bestimmt aus, mit besonderer Hinweisung auf die Untersuchungen von Joule, und hebt auch einen principiellen Einwand, der sich dagegen machen läfst, hervor. Wenn nämlich auch bei jeder Erzeugung von Arbeit, so fern der wirksame Körper nach ihrer Erzeugung wieder in demselben Zustande ist, wie vorher, Wärme aus einem warmen in einen kalten Körper übergeht, so wird doch nicht umgekehrt bei jedem solchen Uebergange auch Arbeit erzeugt, sondern die Wärme kann auch durch einfache Leitung übergeführt werden, und in allen diesen Fällen würde also, wenn der blofse Uebergang von Wärme das wahre Äquivalent der Arbeit wäre, ein Verlust von Arbeitskraft in der Natur stattfinden, was nicht wohl denkbar ist. Dessen ungeachtet kommt er zu dem Schlusse, dafs bei dem gegenwärtigen Stande der Wissenschaft das von Carnot angenommene Princip doch noch als die wahrscheinlichste Grundlage einer Untersuchung über die bewegende Kraft der Wärme zu betrachten sey, indem er sagt: „wenn wir dieses Princip verlassen, so stofsen wir auf unzählige andere Schwierigkeiten, welche ohne fernere experimentelle Untersuchung und ohne einen vollstän-

1) *Transact. of the Royal Soc. of Edinb. V. XVI.*

digen Neubau der Wärmetheorie von Grund auf unüberwindlich sind“. Ich glaube aber, daß man vor diesen Schwierigkeiten nicht zurückschrecken darf, und sich vielmehr mit den Folgen der Idee, daß die Wärme eine Bewegung sey, möglichst vertraut machen muß, indem man nur dadurch die Mittel gewinnen kann, dieselbe zu bestätigen oder zu widerlegen. Auch halte ich die Schwierigkeiten nicht für so bedeutend, wie Thomson, denn wenn man auch in der bisher gebräuchlichen *Vorstellungsweise* Einiges ändern muß, so kann ich doch mit *erwiesenen Thatsachen* nirgends einen Widerspruch finden. Es ist nicht einmal nöthig, die Carnot'sche Theorie dabei ganz zu verwerfen, wozu man sich gewiß schwer entschließen würde, da sie zum Theil durch die Erfahrung eine auffallende Bestätigung gefunden hat. Bei näherer Betrachtung findet man aber, daß nicht das eigentliche Grundprincip von Carnot, sondern nur der Zusatz, *daß keine Wärme verloren gehe*, der neuen Betrachtungsweise entgegenstehe, denn es kann bei der Erzeugung von Arbeit sehr wohl beides gleichzeitig stattfinden, daß eine gewisse Wärmemenge *verbraucht* und eine andere von einem warmen zu einem kalten Körper *übergeführt* wird, und beide Wärmemengen können zu der erzeugten Arbeit in bestimmter Beziehung stehen. Es wird dieses im Nachstehenden noch deutlicher werden, und es wird sich dabei zeigen, daß die aus beiden Annahmen gefolgerten Schlüsse nicht nur neben einander bestehen können, sondern sich sogar gegenseitig bestätigen.

1. Folgerungen aus dem Grundsatz über die Aequivalenz von Wärme und Arbeit.

Es soll hier auf die Art der Bewegung, welche man sich etwa im Innern der Körper vorstellen kann, nicht näher eingegangen, sondern nur im Allgemeinen angenommen werden, daß eine Bewegung der Theilchen bestehe, und daß die Wärme das Maas der lebendigen Kraft derselben sey, oder vielmehr noch allgemeiner, es soll nur

ein durch jene Annahme bedingter Satz als Grundsatz hingestellt werden, nämlich

dafs in allen Fällen, wo durch Wärme Arbeit entstehe, eine der erzeugten Arbeit proportionale Wärmemenge verbraucht werde, und dafs umgekehrt durch Verbrauch einer ebenso grofsen Arbeit dieselbe Wärmemenge erzeugt werden könne.

Bevor wir zu der mathematischen Behandlung dieses Grundsatzes übergehen, mögen einige unmittelbare Folgerungen voraufgeschickt werden, welche auf die ganze Betrachtungsweise der Wärme von Einflufs sind, und welche sich auch schon ohne die bestimmtere Begründung, die sie weiterhin durch die Rechnung finden sollen, verstehen lassen.

Man spricht häufig von der *Gesamtwärme* der Körper, besonders der Gase und Dämpfe, indem man darunter die Summe der freien und latenten Wärme versteht, und annimmt, dafs diese eine nur vom gegenwärtigen Zustande des betrachteten Körpers abhängige Gröfse sey, so dafs, wenn man alle übrigen physikalischen Eigenschaften desselben, seine Temperatur, seine Dichte etc. kenne, auch die in ihm enthaltene Gesamtwärme vollkommen bestimmt sey. Diese Annahme ist aber nach dem vorigen Grundsatze nicht mehr zulässig. Wenn nämlich ein Körper in einem bestimmten Zustande z. B. eine Quantität Gas bei der Temperatur t_0 und dem Volumen v_0 gegeben ist, und man nimmt nun verschiedene Veränderungen in Bezug auf Temperatur und Volumen mit ihm vor, bringt es aber schliesslich wieder in seinen ursprünglichen Zustand zurück, so müfste jener Annahme nach auch seine Gesamtwärme wieder dieselbe seyn, wie zu Anfang, woraus folgt, dafs, wenn ihm während eines Theiles der Veränderungen Wärme von Aussen mitgetheilt wurde, er während des anderen Theiles wieder dieselbe Wärmemenge nach Aussen abgegeben haben müfste. Nun wird aber bei jeder Veränderung des Volumens eine gewisse Arbeit von dem Gase geleistet oder verbraucht, indem es bei der Ausdehnung einen äufsern Druck

zurückschiebt, und umgekehrt die Zusammendrückung nur durch Vorrücken des äussern Druckes bewirkt werden kann. Wenn also unter den mit ihm vorgenommenen Veränderungen auch Volumenveränderungen vorkamen, so muß auch hier Arbeit geleistet und verbraucht seyn. Es ist aber nöthig, daß zuletzt, wenn es wieder bei seinem ursprünglichen Zustande angelangt ist, die im Ganzen erzeugte Arbeit der verbrauchten gerade gleich sey, so daß sie sich gegenseitig aufheben, sondern es kann ein Ueberschuss der einen oder der anderen stattfinden, jenachdem die Zusammendrückung bei niederer oder höherer Temperatur, als die Ausdehnung, bewirkt wurde, was weiter unten noch bestimmter nachgewiesen werden soll. Diesem Ueberschusse an erzeugter oder verbrauchter Arbeit muß dann dem Grundsatz nach auch ein proportionaler Ueberschuss an verbrauchter oder erzeugter Wärme entsprechen, und das Gas kann also nicht ebenso viel Wärme nach Aussen abgeben, als von Aussen empfangen haben.

Derselbe Widerspruch mit der gebräuchlichen Annahme über die *Gesamtwärme* läßt sich noch auf eine etwas andere Weise darstellen. Wenn das Gas von t_0 und v_0 auf die höhere Temperatur t_1 und das größere Volumen v_1 gebracht werden soll, so würde die Wärmemenge, die ihm dazu mitgetheilt werden muß, nach jener Annahme von der Weise, in welcher die Veränderung geschieht, unabhängig seyn; aus dem obigen Grundsatz aber ergibt sie sich als verschieden, jenachdem man das Gas erst bei dem constanten Volumen v_0 erwärmt und dann bei der constanten Temperatur t_1 sich ausdehnen läßt, oder erst die Ausdehnung bei der Temperatur t_0 geschehen läßt, und dann die Erwärmung vornimmt, oder Ausdehnung und Erwärmung in irgend einer anderen Art wechseln oder auch beide gleichzeitig stattfinden läßt; denn in allen diesen Fällen ist die vom Gase geleistete Arbeit verschieden.

Ebenso muß es, wenn eine Quantität Wasser von der Temperatur t_0 in Dampf von der Temperatur t_1 und dem Volumen v_1 gebracht werden soll, in Bezug auf die dazu

nöthige Wärmemenge einen Unterschied machen, ob man das Wasser erst als solches bis t , erwärmt, und dann verdampfen läßt, oder es bei t_0 verdampfen läßt, und dann den Dampf auf das geforderte Volumen und die geforderte Temperatur v , und t , bringt, oder endlich die Verdampfung bei irgend einer mittleren Temperatur geschehen läßt.

Hieraus und aus der unmittelbaren Betrachtung des Grundsatzes übersieht man auch, welche Vorstellung man sich von der *latenten* Wärme bilden muß. Nehmen wir wieder das zuletzt angewandte Beispiel, so unterscheiden wir in der Wärmemenge, welche dem Wasser bei seinen Veränderungen mitgetheilt werden muß, die *freie* und *latente* Wärme. Von diesen dürfen wir aber in dem gebildeten Dampfe nur die erstere als wirklich vorhanden betrachten. Die letztere ist nicht bloß, wie der Name andeutet, für unsere Wahrnehmung *verborgen*, sondern *überhaupt nicht vorhanden*; sie ist während der Veränderungen zu Arbeit *verbraucht*.

In der verbrauchten Wärme müssen wir wiederum noch eine Unterscheidung einführen. Die geleistete Arbeit ist nämlich von zweifacher Art. Erstens gehört eine gewisse Arbeit dazu, um die gegenseitige Anziehungskraft der Theilchen des Wassers zu überwinden, und sie bis zu der Entfernung von einander zu trennen, in welcher sie sich beim Dampfe befinden. Zweitens muß der Dampf bei seiner Entwicklung einen äußeren Druck zurückschieben, um sich Raum zu schaffen. Die erstere Arbeit wollen wir die *innere*, die letztere die *äußere* nennen, und danach auch die latente Wärme eintheilen.

In Bezug auf die *innere* Arbeit kann es keinen Unterschied machen, ob die Verdampfung bei t_0 oder bei t , oder bei einer mittleren Temperatur geschieht, indem wir die anziehende Kraft der Theilchen, welche zu überwinden ist, als unveränderlich betrachten müssen¹⁾. Die äü-

1) Man darf hiergegen nicht einwenden, daß das Wasser bei t eine geringere Cohäsion habe, als bei t_0 , also zu ihrer Ueberwindung eine geringere Arbeit nöthig sey. Es liegt nämlich auch schon in der Verrin-

fsere Arbeit dagegen richtet sich nach dem von der Temperatur abhängigen Drucke. Dasselbe gilt natürlich, ebenso wie in diesem besonderen Beispiele, auch allgemein, und wenn daher oben gesagt wurde, daß die Wärmemenge, welche einem Körper mitgetheilt werden muß, um ihn aus einem Zustande in einen anderen zu bringen, nicht bloß von dem Anfangs- und Endzustande, sondern von dem ganzen Wege, auf dem die Veränderung geschieht, abhängt, so bezieht sich das nur auf den Theil der *latenten* Wärme, welcher der *äußeren* Arbeit entspricht. Der andere Theil der *latenten* Wärme, so wie die ganze *freie* Wärme, sind von dem Wege der Veränderungen unabhängig.

Wenn sich nun der Dampf von t_1 und v_1 wieder in Wasser von t_0 verwandelt, so wird dabei umgekehrt Arbeit *verbraucht*, indem die Theilchen ihrer Anziehung wieder nachgeben und sich nähern und der äußere Druck wieder vorrückt. Demgemäß muß Wärme *erzeugt* werden und die sogenannte *frei werdende* Wärme, welche dabei erscheint, tritt also nicht bloß aus ihrer bisherigen Verborgenheit wieder hervor, sondern ist wirklich *neu entstanden*. Diese auf dem Rückwege erzeugte Wärme braucht aber der auf dem Hinwege verbrauchten nicht gleich zu seyn, sondern der Theil, welcher der *äußeren* Arbeit entspricht, kann auch hier nach Umständen größer oder kleiner seyn.

Wir wenden uns nun zur mathematischen Behandlung des Gegenstandes, doch wollen wir uns dabei auf die Betrachtung der *permanenten Gase* und der *Dämpfe im Maximum ihrer Dichte* beschränken, indem diese Fälle durch die anderweitigen Kenntnisse, welche wir über sie besitzen, der

gerung der Cohäsion eine gewisse Arbeit, die, während das Wasser als solches sich erwärmt, geleistet wird, und diese muß man zu der bei der Verdampfung selbst geleisteten hinzurechnen. Daraus folgt zugleich, daß von der Wärmemenge, welche das Wasser bei seiner Erwärmung von Außen empfängt, nur ein Theil als freie Wärme zu betrachten ist, während der andere zur Verringerung der Cohäsion verbraucht wird. Mit dieser Ansicht steht auch der Umstand im Einklange, daß das Wasser eine so viel größere spezifische Wärme hat als das Eis, und wahrscheinlich auch als der Dampf.

Rechnung am zugänglichsten sind, und außerdem auch das meiste Interesse darbieten. Man wird indessen leicht übersehen, wie sich der Grundsatz auch auf andere Fälle anwenden läßt.

Sey ein gewisses Quantum, etwa eine Gewichtseinheit von einem *permanenten Gase* gegeben, so müssen zur Bestimmung seines gegenwärtigen Zustandes drei Größen bekannt seyn: der Druck, unter dem es sich befindet, sein Volumen und seine Temperatur. Diese Größen stehen in gegenseitiger Abhängigkeit, welche durch das vereinigte Mariotte'sche und Gay-Lussac'sche Gesetz ¹⁾ ausgedrückt wird, und sich durch folgende Gleichung darstellen läßt:

$$(I.) \quad p v = R (a + t),$$

worin $p v$ und t Druck, Volumen und Temperatur des Gases im gegenwärtigen Zustande bedeuten, a eine für alle Gase gleiche Constante ist, und R endlich ebenfalls eine Constante ist, die vollständig $\frac{p_0 v_0}{a + t_0}$ heisst, wenn p_0 , v_0 und t_0 die zusammengehörigen Werthe der obigen drei Größen für irgend einen anderen Zustand des Gases sind. Diese letztere Constante ist also für die verschiedenen Gase in sofern verschieden, als sie ihrem specifischen Gewichte umgekehrt proportional ist.

Zwar hat in neuerer Zeit Regnault durch sehr sorgfältige Versuche nachgewiesen, das dieses Gesetz nicht in aller Strenge richtig ist, doch sind die Abweichungen für die permanenten Gase sehr gering, und werden nur bei denen bedeutender, welche sich condensiren lassen. Daraus scheint zu folgen, daß das Gesetz um so strenger gültig ist, je weiter das Gas in Bezug auf Druck und Temperatur von seinem Condensationspunkte entfernt ist. Man kann sich daher, während die Genauigkeit für die permanenten Gase schon im gewöhnlichen Zustande so groß ist, daß man sie für die meisten Untersuchungen als vollkom-

1) Dieses Gesetz soll im Folgenden immer kurz als das M. und G. Gesetz, und das Mariotte'sche Gesetz allein als das M. Gesetz bezeichnet werden.

men betrachten kann, für jedes Gas einen Gränzzustand denken, in dem die Genauigkeit wirklich vollkommen wird, und diesen ideellen Zustand wollen wir im Folgenden, wo wir von den permanenten Gasen als solchen handeln, voraussetzen.

Der Werth von $\frac{1}{a}$ ist nach übereinstimmenden Versuchen von Regnault und Magnus für die atmosphärische Luft, wenn die Temperatur nach Centesimalgraden vom Gefrierpunkte aus gezählt wird, gleich 0,003665. Da aber die Gase, wie erwähnt, nicht genau dem M. und G. Gesetze folgen, so erhält man, wenn man die Versuche unter verschiedenen Umständen anstellt, nicht immer denselben Werth für $\frac{1}{a}$. Die vorstehende Zahl gilt für den Fall, wo die atmosphärische Luft bei 0° unter dem Drucke von einer Atmosphäre genommen, und dann bei constantem Volumen bis 100° erwärmt wird, und man dabei die Zunahme der Expansivkraft beobachtet. Läßt man dagegen den Druck constant und beobachtet die Zunahme des Volumens, so erhält man die etwas größere Zahl 0,003670. Ferner wachsen die Zahlen, wenn man die Versuche unter höherem, als dem atmosphärischen Drucke anstellt, während sie bei geringerem Drucke etwas abnehmen. Man kann demnach nicht mit Bestimmtheit angeben, welcher Werth für die Gase im ideellen Zustande, in welchem jene Unterschiede natürlich fortfallen müßten, anzunehmen ist, doch wird die Zahl 0,003665 gewiß nicht weit von der Wahrheit abweichen, zumal da für Wasserstoff, welcher wahrscheinlich unter allen Gasen dem ideellen Zustande am nächsten ist, nahe dieselbe Zahl gilt, und die Aenderungen bei diesem im entgegengesetzten Sinne stattfinden, als bei den anderen Gasen. Behalten wir daher jenen Werth von $\frac{1}{a}$ bei, so bekommen wir

$$a = 273.$$

Zufolge der Gleichung (I.) kann man von den drei Größen p , v und t eine, z. B. p , als Function der beiden an-

deren v und t betrachten, welche letzteren dann die unabhängigen Veränderlichen bleiben, die den Zustand des Gases bedingen. Wir wollen nun zu bestimmen suchen, wie die auf die Wärmemenge bezüglichen Gröſsen von jenen beiden abhängen.

Wenn irgend ein Körper sein Volumen verändert, so wird dabei im Allgemeinen mechanische Arbeit erzeugt oder verbraucht. Es ist aber in den meisten Fällen nicht möglich, diese genau zu bestimmen, weil zugleich mit der *äußeren* Arbeit auch gewöhnlich noch eine unbekannte *innere* stattfindet. Um diese Schwierigkeit zu vermeiden, hat Carnot das schon oben erwähnte sinnreiche Verfahren angewandt, daß er den Körper nach einander verschiedene Veränderungen durchmachen läßt, die so angeordnet sind, daß er zuletzt wieder genau in seinen ursprünglichen Zustand zurückkommt. Dann muß, wenn bei einigen der Veränderungen *innere* Arbeit geleistet wurde, diese bei den anderen gerade wieder aufgehoben seyn, und man ist sicher, daß die *äußere* Arbeit, die etwa bei den Veränderungen übrig bleibt, auch die ganze überhaupt hervorgebrachte Arbeit ist. Clapeyron hat dieses Verfahren sehr anschaulich graphisch dargestellt, und dieser Darstellung wollen wir zunächst für die permanenten Gase folgen, jedoch mit einer geringen Aenderung, die durch unseren Grundsatz bedingt wird.

Sey in nebenstehender Figur durch die Abscisse oe das Volumen, und durch die Ordinate ea der Druck der Gewichtseinheit Gas in einem Zustande, in welchem zugleich ihre Temperatur $= t$ sey, angedeutet. Man nehme nun an, das Gas befinde sich in einer ausdehnbaren Hülle, mit der es aber keine Wärme austauschen könne. Läßt man es nun in dieser Hülle sich ausdehnen, so würde es dabei, wenn

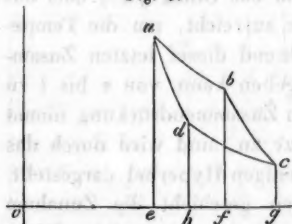


Fig. 1.

Volumen, und durch die Ordinate ea der Druck der Gewichtseinheit Gas in einem Zustande, in welchem zugleich ihre Temperatur $= t$ sey, angedeutet. Man nehme nun an, das Gas befinde sich in einer ausdehnbaren Hülle, mit der es aber keine Wärme austauschen könne. Läßt man es nun in dieser Hülle sich ausdehnen, so würde es dabei, wenn

ihm keine neue Wärme mitgetheilt würde, seine Temperatur erniedrigen. Um dieses zu vermeiden, sey es während der Ausdehnung mit einem Körper *A* in Berührung gebracht, der auf der constanten Temperatur *t* erhalten wird, und dem Gase immer so viel Wärme mittheilt, daß seine Temperatur ebenfalls *t* bleibt. Während dieser Ausdehnung bei constanter Temperatur nimmt der Druck nach dem M. Gesetze ab, und läßt sich durch die Ordinate einer Curve *ab* darstellen, welche ein Stück einer gleichseitigen Hyperbel ist. — Hat das Gas auf diese Weise sein Volumen von *oe* bis *of* vermehrt, so nehme man den Körper *A* fort, und lasse nun, ohne daß neue Wärme hinzutreten kann, die Ausdehnung noch weiter stattfinden. Dann wird die Temperatur sinken und daher der Druck schneller abnehmen, wie vorher, und das Gesetz, nach welchem dieses geschieht, sey durch die Curve *bc* angedeutet. — Ist so das Volumen des Gases von *of* bis *og* vermehrt, und dabei seine Temperatur von *t* bis τ erniedrigt, so fange man an, es wieder zusammenzudrücken, um es zu seinem ursprünglichen Volumen *oe* zurückzubringen. Dabei würde, wenn es sich selbst überlassen wäre, seine Temperatur sogleich wieder steigen. Das gestatte man aber zunächst nicht, sondern bringe es mit einem Körper *B* von der constanten Temperatur τ in Berührung, dem es die entstehende Wärme immer gleich abgeben muß, so daß es die Temperatur τ behält, und in dieser Berührung drücke man es so weit zusammen, (um das Stück *gh*,) daß das übrigbleibende Stück *he* gerade ausreicht, um die Temperatur des Gases, wenn es während dieser letzten Zusammendrückung keine Wärme abgeben kann, von τ bis *t* zu erhöhen. Während der ersteren Zusammendrückung nimmt der Druck nach dem M. Gesetze zu, und wird durch das Stück *cd* einer anderen gleichseitigen Hyperbel dargestellt. Während der letzteren dagegen geschieht die Zunahme schneller und sey durch die Curve *da* angedeutet. Diese Curve muß genau in *a* enden, denn da am Schlusse der Operation das Volumen und die Temperatur wieder ihren

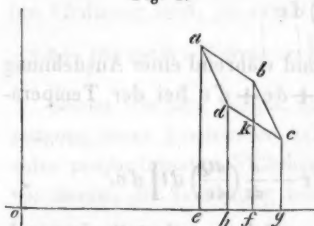
ursprünglichen Werth haben, so muß dieses auch mit dem Drucke stattfinden, welcher eine Function jener beiden ist. Das Gas befindet sich also jetzt wieder ganz in demselben Zustande, wie zu Anfange.

Um nun die bei diesen Veränderungen hervorgebrachte Arbeit zu bestimmen, brauchen wir aus den oben angeführten Gründen unser Augenmerk nur auf die *äußere* Arbeit zu richten. Während der Ausdehnung erzeugt das Gas eine Arbeit, die durch das Integral des Productes aus dem Differential des Volumens in den dazu gehörigen Druck bestimmt, und also geometrisch durch die Vierecke $eabf$ und $fbcg$ dargestellt wird. Zur Zusammendrückung dagegen wird Arbeit verbraucht, die ebenso durch die Vierecke $gcdh$ und $hdae$ dargestellt wird. Der Ueberschuß der ersteren Arbeit über die letztere ist als die im Ganzen während der Veränderungen erzeugte Arbeit anzusehen, und dieser wird dargestellt durch das Viereck $abcd$.

Wenn man den vollständigen vorher beschriebenen Proceß in umgekehrter Ordnung ausführt, so erhält man dieselbe GröÙe $abcd$ als Ueberschuß der *verbrauchten* Arbeit über die *erzeugte*.

Um nun die vorstehenden Betrachtungen analytisch anwenden zu können, wollen wir annehmen, die von dem Gase erlittenen Veränderungen seyen alle *unendlich klein* gewesen. Dann können wir die erhaltenen Curven als gerade Linien betrachten, wie es in nebenstehender Figur

Fig 2.



geschehen ist. Zugleich können wir bei der Bestimmung des Flächeninhaltes das Viereck $abcd$ als Parallelogramm ansehen, indem der dadurch entstehende Fehler nur ein unendlich Kleines *dritter* Ordnung seyn kann, während der

Inhalt selbst ein solches *zweiter* Ordnung ist. Bei dieser Annahme läßt sich der Inhalt, wie man leicht sieht, durch

das Product $ef.bk$ ausdrücken, wenn k der Punkt ist, wo die Ordinate bf die untere Seite des Vierecks schneidet. Die Gröfse bk ist die Zunahme des Druckes, während das Gas bei constantem Volumen of seine Temperatur von τ bis t , also um das Differential $t - \tau = dt$ erhöht. Diese Gröfse läfst sich mittelst der Gleichung (1.) in v und t ausdrücken, nämlich:

$$dp = \frac{Rdt}{v}.$$

Bezeichnen wir ferner die Volumenzunahme ef mit dv , so erhalten wir den Inhalt des Vierecks, und somit

$$(1.) \text{ die erzeugte Arbeit} = \frac{Rdvdt}{v}.$$

Wir müssen nun die bei jenen Veränderungen verbrauchte Wärmemenge bestimmen. Die Wärmemenge, welche dem Gase mitgetheilt werden mufs, während es aus irgend einem früheren Zustande auf einem bestimmten Wege in den Zustand übergeführt wird, in welchem sein Volumen $=v$ und seine Temperatur $=t$ ist, möge Q heifsen, und die in dem obigen Processe vorkommenden Volumenveränderungen, welche hier einzeln betrachtet werden müssen, seyen bezeichnet: ef mit dv , hg mit $d'v$, eh mit δv und fg mit $\delta'v$. — Während einer Ausdehnung von dem Volumen $oe=v$ zu dem $of=v+dv$ bei der constanten Temperatur t mufs dann das Gas die Wärmemenge

$$\left(\frac{dQ}{dv}\right) dv$$

erhalten, und dem entsprechend während einer Ausdehnung von $oh=v+\delta v$ bis $og=v+\delta v+d'v$ bei der Temperatur $t-dt$ die Wärmemenge

$$\left[\left(\frac{dQ}{dv}\right) + \frac{d}{dt}\left(\frac{dQ}{dv}\right)\delta v - \frac{d}{dt}\left(\frac{dQ}{dv}\right)dt\right] d'v.$$

Diese letztere mufs in unserem Falle, weil statt einer solchen Ausdehnung eine Zusammendrückung stattfand, negativ in Rechnung gebracht werden. Während der Ausdeh-

nung von *of* bis *og* und der Zusammendrückung von *oh* bis *oe* hat das Gas weder Wärme erhalten noch verloren, und somit ist die Wärmemenge, die das Gas mehr empfangen als abgegeben hat, also die *verbrauchte Wärmemenge*

$$(2.) = \left(\frac{dQ}{dv}\right) dv - \left[\left(\frac{dQ}{dv}\right) + \frac{d}{dv}\left(\frac{dQ}{dv}\right) \delta v - \frac{d}{dt}\left(\frac{dQ}{dv}\right) dt\right] d'v.$$

Hieraus müssen die Größen δv und $d'v$ fortgeschafft werden. Dazu hat man erstens die unmittelbar aus der Anschauung der Figur folgende Gleichung:

$$dv + \delta v = dv + d'v,$$

und außerdem ergeben sich aus der Bedingung, daß das Gas während der Zusammendrückung von *oh* bis *oe*, und also auch umgekehrt bei einer unter denselben Umständen stattfindenden Ausdehnung von *oe* bis *oh*, und ebenso bei der Ausdehnung von *of* bis *og*, welche beide eine Temperaturerniedrigung um dt verursachen, keine Wärme empfängt und verliert, die Gleichungen:

$$\left(\frac{dQ}{dv}\right) \delta v - \left(\frac{dQ}{dt}\right) dt = 0$$

$$\left[\left(\frac{dQ}{dv}\right) + \frac{d}{dv}\left(\frac{dQ}{dv}\right) dv\right] \delta v - \left[\left(\frac{dQ}{dt}\right) + \frac{d}{dv}\left(\frac{dQ}{dt}\right) dv\right] dt = 0.$$

Eliminirt man aus diesen drei Gleichungen und der Gleichung (2.) die drei Größen dv , δv und $d'v$, und vernachlässigt auch hier bei der Entwicklung die Glieder, welche in Bezug auf die Differentiale von höherer als der zweiten Ordnung sind, so erhält man:

$$(3.) \text{ Die verbr. Wärme} = \left[\frac{d}{dt}\left(\frac{dQ}{dv}\right) - \frac{d}{dv}\left(\frac{dQ}{dt}\right)\right] dv dt.$$

Gehen wir nun zurück auf den Grundsatz, daß zur Erzeugung einer bestimmten Arbeit auch immer der Verbrauch einer proportionalen Wärmemenge nöthig sey, so können wir daraus die Gleichung bilden:

$$(4.) \frac{\text{die verbrauchte Wärme}}{\text{die erzeugte Arbeit}} = A,$$

worin A eine Constante ist, welche das Wärmeäquivalent

für die Einheit der Arbeit bedeutet. In diese Gleichung die Ausdrücke (1.) und (3.) eingesetzt, giebt:

$$\frac{\left[\frac{d}{dt} \left(\frac{dQ}{dv} \right) - \frac{d}{dv} \left(\frac{dQ}{dt} \right) \right] dv dt}{R \cdot \frac{dv dt}{v}} = A$$

oder:

$$(II.) \quad \frac{d}{dt} \left(\frac{dQ}{dv} \right) - \frac{d}{dv} \left(\frac{dQ}{dt} \right) = \frac{A \cdot R}{v}.$$

Diese Gleichung können wir als den für die permanenten Gase geltenden analytischen Ausdruck des obigen Grundsatzes betrachten. Sie zeigt, daß Q keine Function von v und t seyn kann, so lange die letzteren von einander unabhängig sind. Denn sonst müßte nach dem bekannten Satze der Differentialrechnung, daß, wenn eine Function von zwei Veränderlichen nach beiden differenzirt werden soll, die Ordnung, in der dieses geschieht, gleichgültig ist, die rechte Seite der Gleichung Null seyn.

Man kann die Gleichung auch auf die Form einer vollständigen Differentialgleichung bringen, nämlich:

$$(IIa.) \quad dQ = dU + A \cdot R \frac{a+t}{v} dv,$$

worin U eine willkürliche Function von v und t ist. Diese Differentialgleichung ist natürlich nicht integrabel, sondern wird es erst, wenn zwischen den Veränderlichen noch eine zweite Beziehung gegeben wird, derzufolge man t als Function von v betrachten kann. Der Grund davon liegt aber nur in dem letzten Gliede, und dieses entspricht gerade der, bei der Veränderung vollbrachten äußeren Arbeit, denn das Differential dieser Arbeit ist $p dv$, und daraus erhält man, wenn man p mittelst (I.) eliminiert:

$$\frac{R(a+t)}{v} dv.$$

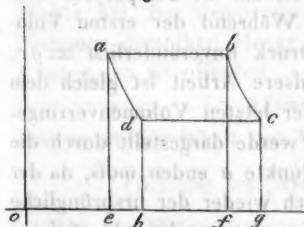
Es ergibt sich also zunächst aus der Gleichung (IIa.), was schon oben als eine unmittelbare Folge des Grundsatzes angeführt wurde, daß man die ganze vom Gase während einer in Bezug auf Temperatur und Volumen statt-
ge-

gefundenen Veränderung aufgenommene Wärmemenge Q in zwei Theile zerlegen kann, deren einer U , welcher die hinzugekommene *freie* Wärme und die zu *innerer* Arbeit, falls solche geschehen ist, *verbrauchte* Wärme umfaßt, sich so verhält, wie man es gewöhnlich von der Gesamtwärme annahm, daß er eine Function von v und t ist, und daher durch den Anfangs- und Endzustand des Gases, zwischen denen der Uebergang stattfinden soll, schon vollkommen bestimmt wird; während der andere, welcher die zu *äußerer* Arbeit *verbrauchte* Wärme begreift, außer von jenen Gränzzuständen noch von dem ganzen Wege der Veränderungen zwischen denselben abhängt.

Bevor wir uns damit beschäftigen, diese Gleichung auch noch zu weiteren Schlüssen geeignet zu machen, wollen wir auch für die *Dämpfe im Maximum der Dichte* den analytischen Ausdruck des angenommenen Grundsatzes entwickeln.

Für diesen Fall dürfen wir das M. und G. Gesetz nicht als richtig betrachten, und müssen uns daher auf jenen Grundsatz allein beschränken. Um daraus eine Gleichung zu gewinnen, wenden wir wieder mit einer kleinen Abänderung das von Carnot angegebene und von Clapeyron graphisch dargestellte Verfahren an. Es sey in einem für Wärme undurchdringlichen Gefäße eine Flüssigkeit enthalten, welche aber nur einen Theil des Raumes ausfülle und den übrigen Theil für den Dampf freilasse, der die Dichte hat, welche der stattfindenden Temperatur t als Maximum entspricht. Das Gesamtvolumen beider sey in ne-

Fig. 3.



benstehender Figur durch die Abscisse oe und der Druck des Dampfes durch die Ordinate ea dargestellt. Nun gebe das Gefäß dem Drucke nach, und erweitere sich, während Flüssigkeit und Dampf mit einem Körper A von der constanten

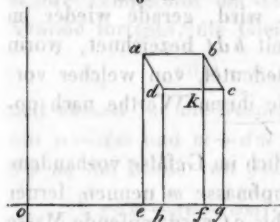
Temperatur t in Berührung seyen. So wie der Raum größer wird, verdampft mehr Flüssigkeit, aber die dabei latent werdende Wärme wird immer wieder vom Körper A ersetzt, so daß die Temperatur und mit ihr auch der Druck des Dampfes ungeändert bleiben. Wenn auf diese Weise das Gesamtvolumen von oe bis of angewachsen ist, so ist dabei eine äußere Arbeit erzeugt, die durch das Rechteck $eabf$ dargestellt wird. — Jetzt nehme man den Körper A fort, und lasse das Gefäß sich noch mehr erweitern, während weder Wärme hinein- noch heraus kann. Dabei wird theils der vorhandene Dampf sich ausdehnen, theils neuer entstehen, und demzufolge wird die Temperatur sinken und somit auch der Druck abnehmen. Dieses setzt man fort, bis die Temperatur aus t in τ übergegangen ist, wobei das Volumen og erreicht werde. Wird die während dieser Ausdehnung stattfindende Druckabnahme durch die Curve bc dargestellt, so ist die dabei erzeugte äußere Arbeit $= fbcg$.

Nun drücke man das Gefäß zusammen, um die Flüssigkeit mit dem Dampfe wieder auf ihr ursprüngliches Gesamtvolumen oe zurückzubringen; und zwar geschehe diese Zusammendrückung zum Theil in Berührung mit dem Körper B von der Temperatur τ , auf den alle bei der Condensation des Dampfes frei werdende Wärme übergehe, so daß die Temperatur constant $= \tau$ bleibe, zum Theil ohne diesen Körper, so daß die Temperatur steige, und man richte es so ein, daß die erste Zusammendrückung nur so weit (bis oh) fortgesetzt werde, daß der dann noch bleibende Raum he gerade hinreiche, um die Temperatur wieder von τ bis t zu erhöhen. Während der ersten Volumenverringering bleibt der Druck unveränderlich $= gc$, und die dabei verbrauchte äußere Arbeit ist gleich dem Rechtecke $gcdh$. Während der letzten Volumenverringering nimmt der Druck zu und werde dargestellt durch die Curve da , welche gerade im Punkte a enden muß, da der ursprünglichen Temperatur t auch wieder der ursprüngliche Druck ea entsprechen muß. Die zuletzt verbrauchte äußere Arbeit ist $= hdae$.

Am Schlusse der Operation sind Flüssigkeit und Dampf wieder in demselben Zustande, wie zu Anfang, so daß der Ueberschufs der erzeugten *äußeren* Arbeit über die verbrauchte auch die *ganze* erzeugte Arbeit ist. Er wird dargestellt durch das Viereck $abcd$, und dessen Inhalt muß also mit der zu gleicher Zeit *verbrauchten* Wärme verglichen werden.

Zu diesen Bestimmungen nehme man wieder die im Vorigen beschriebenen Veränderungen als *unendlich klein* an, und unter dieser Voraussetzung sey der Vorgang in neben-

Fig. 4.



stehender Figur dargestellt, in welcher die in Fig. 3 vorkommenden Curven ad und bc in gerade Linien übergegangen sind. In Bezug auf den Flächeninhalt des Vierecks $abcd$ kann man dieses wieder als ein Parallelogramm betrachten, und

braucht also nur das Product $ef.bk$ zu nehmen. Ist nun der Druck des Dampfes bei der Temperatur t im Maximum seiner Spannkraft gleich p , und wird die Temperaturdifferenz $t - \tau$ mit dt bezeichnet, so ist

$$bk = \frac{dp}{dt} dt.$$

ef ist die Volumenvermehrung, die dadurch entstanden ist, daß eine gewisse Menge Flüssigkeit, welche mit dm bezeichnet werde, in Dampf übergegangen ist. Sey nun das Volumen einer Gewichtseinheit Dampf im Maximum seiner Dichte bei der Temperatur t mit s bezeichnet, und das Volumen derselben Menge Flüssigkeit bei der Temperatur t mit σ , so ist offenbar

$$ef = (s - \sigma) dm$$

und somit der Inhalt des Vierecks oder

$$(5.) \text{ die erz. Arb.} = (s - \sigma) \frac{dp}{dt} dm dt.$$

Um die Wärmemengen ausdrücken zu können, wollen

wir folgende Bezeichnungen einführen. Die Wärmemenge, welche latent wird, wenn eine Gewichtseinheit Flüssigkeit bei der Temperatur t und unter dem entsprechenden Drucke verdampft, heiße r und die spezifische Wärme der Flüssigkeit c , welche beiden Größen, so wie auch die vorigen s , σ und $\frac{dp}{dt}$ als Functionen von t anzusehen sind. Endlich sey die Wärmemenge, welche einer Gewichtseinheit Dampf mitgetheilt werden muß, wenn er von der Temperatur t auf $t + dt$ gebracht, dabei aber so zusammengedrückt werden soll, daß er sich für diese Temperatur, ohne daß ein Theil von ihm niedergeschlagen wird, gerade wieder im Maximum der Dichte befindet, mit $h dt$ bezeichnet, worin h ebenfalls eine Function von t hedeutet, von welcher vorläufig dahingestellt bleibe, ob sie ihrem Werthe nach positiv oder negativ ist.

Wenn wir nun die ursprünglich im Gefäße vorhandene Flüssigkeitsmasse μ und die Dampfmasse m nennen, ferner die bei der Ausdehnung von oe bis of verdampfende Masse dm und die bei der Zusammendrückung von og bis oh niedergeschlagene $d'm$, so wird bei der ersteren die Wärmemenge

$$r dm$$

latent und dem Körper A entzogen, und bei der letzteren die Menge

$$\left(r - \frac{dr}{dt} dt\right) d'm$$

frei und dem Körper B abgegeben. Bei der anderen Ausdehnung und Zusammendrückung wird weder Wärme gewonnen noch verloren, folglich ist zu Ende des Processes

$$(6.) \text{ Die verbr. Wärme} = r dm - \left(r - \frac{dr}{dt} dt\right) d'm.$$

Hierin muß noch das Differential $d'm$ durch dm und dt ersetzt werden, und dazu dienen die Bedingungen, unter welchen die zweite Ausdehnung und die zweite Zusammendrückung geschehen sind. Die Dampfmasse, welche sich bei der Zusammendrückung von oh bis oe nieder-

schlägt, und sich also auch bei der entsprechenden Ausdehnung von oe bis oh entwickeln würde, sey mit δm und die, welche sich bei der Ausdehnung von of bis og entwickelt mit δm bezeichnet, dann hat man zunächst, da am Schlusse wieder die ursprüngliche Flüssigkeitsmasse μ und die Dampfmasse m vorhanden seyn muß, die Gleichung:

$$dm + \delta m = d'm + \delta m.$$

Ferner ergibt sich für die Ausdehnung von oe bis oh , indem dabei die Flüssigkeitsmasse μ und die Dampfmasse m ihre Temperatur um dt erniedrigen müssen, ohne daß Wärme fortgeht, die Gleichung:

$$r \delta m - \mu \cdot c dt - m \cdot h dt = 0,$$

und ebenso für die Ausdehnung von of bis og , indem man nur $\mu - dm$ und $m + dm$ an die Stelle von μ und m , und δm an die Stelle von δm setzt,

$$r \delta m - (\mu - dm) c dt - (m + dm) h dt = 0.$$

Wenn man aus diesen drei Gleichungen und (6.) die Größen dm , δm und δm eliminirt, und die Glieder von höherer als der zweiten Ordnung fortläßt, so kommt:

$$(7.) \text{ die verbr. Wärme} = \left(\frac{dr}{dt} + c - h \right) dm dt.$$

Die Formeln (7.) und (5.) müssen nun auf dieselbe Weise zusammengestellt werden, wie es bei den permanenten Gasen geschehen ist, nämlich:

$$\frac{\left(\frac{dr}{dt} + c - h \right) dm dt}{(s - \sigma) \frac{dp}{dt} dm dt} = A,$$

und man erhält also als den für die Dämpfe im Maximum der Dichte geltenden analytischen Ausdruck des Grundsatzes die Gleichung:

$$(III.) \quad \frac{dr}{dt} + c - h = A(s - \sigma) \frac{dp}{dt}.$$

Wenn man anstatt des obigen Grundsatzes die An-

nahme, daß die Quantität der Wärme *constant* sey, festhielte, so würde man zufolge (7.) statt der Gleichung (III.) setzen müssen:

$$(8.) \quad \frac{dr}{dt} + c - h = 0,$$

und diese Gleichung hat man, wenn auch nicht gerade in derselben Form, so doch ihrem Sinne nach bisher benutzt, um den Werth der GröÙe h zu bestimmen. So lange man bei dem Wasser das Watt'sche Gesetz für richtig hielt, daß die Summe der freien und latenten Wärme eines Quantum Dampf im Maximum der Dichte für alle Temperaturen gleich, und daß also

$$0 = \frac{dr}{dt} + c = 0$$

sey, mußte man schliessen, daß für diese Flüssigkeit auch $h=0$ sey, und dieses hat man in der That auch vielfach als richtig ausgesprochen, indem man sagte, wenn ein Quantum Dampf sich im Maximum der Dichte befinde, und dann in einem für Wärme undurchdringlichen GefäÙe zusammengedrückt werde oder sich ausdehne, so bleibe es im Maximum der Dichte. Nachdem aber Regnault¹⁾ das Watt'sche Gesetz dahin berichtigt hat, daß man ziemlich angenähert setzen kann:

$$\frac{dr}{dt} + c = 0,305,$$

giebt die Gleichung (8.) auch für h den Werth 0,305. Es würde also folgen, daß das vorher betrachtete Dampfquantum in dem für Wärme undurchdringlichen GefäÙe bei der Zusammendrückung sich zum Theil niederschlagen müsse, dagegen bei der Ausdehnung nicht mehr im Maximum der Dichte bleibe, indem seine Temperatur nicht in dem Verhältnisse abnehme, wie es der Abnahme der Dichte entspreche.

Ganz anders verhält es sich, wenn man die Gleichung (8.) durch (III.) ersetzt. Der Ausdruck auf der rechten Seite

1) *Mém. de l'Acad. T. XXI*, das 9te und 10te Mémoire.

ist seiner Natur nach immer positiv, und daraus folgt zunächst, daß h kleiner als 0,305 seyn muß. Weiterhin wird sich aber auch noch ergeben, daß der Werth jenes Ausdrucks so groß ist, daß h sogar *negativ* wird. Man muß also schliessen, daß das obige Dampfquantum nicht bei der *Zusammendrückung* sondern vielmehr bei der *Ausdehnung* sich theilweise niederschlägt, während bei der Zusammendrückung seine Temperatur in stärkerem Verhältnisse steigt, als es der Zunahme der Dichte entspricht, so daß es dann nicht mehr im Maximum der Dichte bleibt.

Dieses Resultat ist freilich der vorher erwähnten gewöhnlichen Vorstellung gerade entgegengesetzt, doch glaube ich nicht, daß irgend eine experimentelle Erfahrung dagegen spricht. Vielmehr steht es mit dem von Pambour beobachteten Verhalten des Dampfes besser in Einklang, als jene Vorstellung. Dieser fand nämlich ¹⁾, daß der Dampf, welcher nach verrichteter Arbeit aus einer Locomotive tritt, stets die Temperatur besitzt, zu welcher die gleichzeitig beobachtete Spannkraft als Maximum gehört. Daraus folgt, daß h entweder $=0$ ist, wie man es damals annahm, weil diess mit dem so schon für wahrscheinlich gehaltenen Watt'schen Gesetze übereinstimmte, oder daß h *negativ* ist. Wäre nämlich h *positiv*, so müßte die Temperatur des Dampfes bei der Ausströmung, im Vergleiche zu seiner Spannkraft, zu hoch seyn, und das hätte Pambour nicht entgehen können. Ist dagegen der vorherigen Angabe gemäß h *negativ*, so kann dadurch nicht eine zu niedrige Temperatur entstehen, sondern es muß nur ein Theil des Dampfes tropfbar flüssig werden, um den übrigen Dampf in der gehörigen Temperatur zu erhalten. Dieser Theil braucht aber nicht groß zu seyn, da eine geringe Menge Dampf beim Niederschlagen eine verhältnißmäßig große Wärmemenge frei macht, und das entstandene Wasser wird daher wahrscheinlich mechanisch von dem übrigen Dampfe mit fortgeführt, und konnte bei jenen Versuchen um so

1) *Traité des locomotives II^e édition und Théorie des machines à vapeur II^e éd.*

eher unbeachtet bleiben, als man, wenn man es bemerkte, glauben konnte, es sey schon aus dem Dampfkessel als Wasser mechanisch mit fortgerissen.

Die bisherigen Folgerungen sind nur aus dem oben aufgestellten Grundsatz ohne irgend eine weitere Voraussetzung abgeleitet. Die für die permanenten Gase erhaltene Gleichung (IIa.) läßt sich indessen durch eine sehr nahe liegende Nebenannahme noch bedeutend fruchtbarer machen. Die Gase zeigen in ihrem Verhalten, besonders in der durch das M. und G. Gesetz ausgesprochenen Beziehung zwischen Volumen, Druck und Temperatur, eine so große Regelmäßigkeit, daß man dadurch zu der Vorstellung geleitet wird, daß die gegenseitige Anziehung der Theilchen, welche im Innern der festen und tropfbar flüssigen Körper wirkt, bei den Gasen schon aufgehoben sey, so daß die Wärme, während sie bei jenen Körpern, um eine Ausdehnung zu bewirken, nicht bloß den äußeren Druck, sondern auch die innere Anziehung überwinden muß, es bei den Gasen nur mit dem äußeren Drucke zu thun habe. Ist dieses der Fall, so kann bei der Ausdehnung eines Gases nur so viel Wärme *latent* werden, wie zu *äußerer* Arbeit verbraucht wird. Ferner ist auch kein Grund vorhanden, anzunehmen, daß ein Gas, wenn es sich bei constanter Temperatur ausgedehnt hat, dann mehr *freie* Wärme enthalte, als vorher. Giebt man auch dieses zu, so erhält man den Satz: *ein permanentes Gas verschluckt, wenn es sich bei constanter Temperatur ausdehnt, nur so viel Wärme, wie zu der äußeren Arbeit, die es dabei leistet, verbraucht wird*; ein Satz, der wahrscheinlich für jedes Gas in eben dem Grade genau ist, in welchem das M. und G. Gesetz auf dasselbe Anwendung findet.

Hieraus folgt dann sogleich, daß

$$(9.) \left(\frac{dQ}{dv} \right) = A \cdot R \frac{a+t}{v}$$

ist, da, wie schon oben erwähnt, $R \frac{a+t}{v} dv$ die bei der Ausdehnung um dv geleistete äußere Arbeit darstellt. Dem-

nach kann die in (II a.) vorkommende Function U kein v enthalten, und die Gleichung geht daher über in:

$$(II b.) \quad dQ = c dt + AR \frac{a+t}{v} dv,$$

worin c nur eine Function von t seyn kann, und es ist sogar wahrscheinlich, daß diese Gröfse c , welche die specifische Wärme des Gases bei constantem Volumen bedeutet, eine Constante ist.

Um nun diese Gleichung auf besondere Fälle anzuwenden, muß man die aus den Bedingungen jedes einzelnen Falles sich ergebende Beziehung zwischen den Veränderlichen Q , t und v mit der Gleichung in Verbindung bringen, und sie dadurch integrabel machen. Es sollen hier nur einige einfache Beispiele der Art angeführt werden, welche entweder an sich von Interesse sind, oder es dadurch werden, daß man sie mit anderen schon früher ausgesprochenen Sätzen vergleichen kann.

Man kann zunächst die specifische Wärme des Gases bei constantem Volumen und die bei constantem Drucke erhalten, wenn man in (II b.) $v = \text{const.}$ und $p = \text{const.}$ setzt. Im ersteren Falle wird $dv = 0$ und (II b.) geht über in:

$$(10.) \quad \frac{dQ}{dt} = c.$$

Im letzteren Falle ergibt sich aus der Bedingung $p = \text{const.}$ mit Hülfe der Gleichung (I.):

$$dv = \frac{Rdt}{p}$$

oder:

$$\frac{dv}{v} = \frac{dt}{a+t},$$

und dieses in (II b.) eingesetzt, giebt, wenn man die specifische Wärme bei constantem Drucke mit c' bezeichnet:

$$(10 a.) \quad \frac{dQ}{dt} = c' = c + AR.$$

Man sieht also, daß die Differenz der beiden specifischen Wärmen für jedes Gas eine constante Gröfse AR ist.

Diese GröÙe bietet aber auch für die verschiedenen Gase eine einfache Beziehung dar. Der vollständige Ausdruck für R ist $\frac{p_0 v_0}{a + t_0}$, wenn p_0 , v_0 und t_0 irgend drei zusammengehörige Werthe von p , v und t für eine Gewichtseinheit des betrachteten Gases sind, und daraus folgt, wie schon bei der Aufstellung der Gleichung (I.) erwähnt wurde, daß R umgekehrt proportional dem specifischen Gewichte des Gases ist, und dasselbe muß daher auch für die Differenz $c' - c = AR$ gelten, da A für alle Gase gleich ist.

Will man die specifische Wärme der Gase nicht nach der Gewichtseinheit, sondern, wie es gebräuchlicher ist, nach der Volumeneinheit rechnen, so braucht man, wenn das Volumen sich auf die Temperatur t_0 und den Druck p_0 bezieht, c und c' nur durch v_0 zu dividiren. Seyen diese Quotienten mit γ und γ' bezeichnet, so erhält man:

$$(11.) \quad \gamma' - \gamma = \frac{A \cdot R}{v_0} = A \frac{p_0}{a + t_0}.$$

In dieser letzten GröÙe kommt nichts mehr vor, was von der besonderen Natur des Gases abhängig wäre, und die Differenz der nach der Volumeneinheit gerechneten specifischen Wärmen ist also für alle Gase gleich. Diesen Satz hat auch Clapeyron aus der Carnot'schen Theorie abgeleitet, während sich die vorher gefundene Constanz der Differenz $c' - c$ dort nicht ergibt, sondern der für dieselbe gefundene Ausdruck noch die Form einer Temperaturfunction hat.

Dividirt man die Gleichung (11.) auf beiden Seiten mit γ , so kommt:

$$(12.) \quad k - 1 = \frac{A}{\gamma} \cdot \frac{p_0}{a + t_0},$$

worin k der Kürze wegen für den Quotienten $\frac{\gamma'}{\gamma}$ gesetzt ist, welcher mit dem Quotienten $\frac{c'}{c}$ gleichbedeutend ist, und durch die theoretischen Betrachtungen von Laplace über die Fortpflanzung des Schalles in der Luft eine besondere Wichtigkeit für die Wissenschaft erlangt hat. Der

Ueberschufs dieses Quotienten über die Einheit ist also bei verschiedenen Gasen der specifischen Wärme derselben bei constantem Volumen umgekehrt proportional, wenn die letztere nach der Volumeneinheit gerechnet wird. Dieser Satz ist in der That von Dulong durch Versuche¹⁾ so nahe als richtig gefunden worden, dafs er ihn mit Rücksicht auf seine theoretische Wahrscheinlichkeit als streng richtig angenommen, und dann umgekehrt dazu benutzt hat, aus den durch die Beobachtung ermittelten Werthen von k die specifischen Wärmen der verschiedenen Gase zu berechnen. Dabei mufs jedoch bemerkt werden, dafs der Satz theoretisch nur so weit verbürgt ist, als das M. und G. Gesetz gilt, was nicht bei allen von Dulong angewandten Gasen mit hinlänglicher Genauigkeit stattfindet.

Nimmt man an, dafs die specifische Wärme der Gase bei constantem Volumen c constant sey, was schon oben als sehr wahrscheinlich bezeichnet wurde, so ergibt sich dasselbe auch für die specifische Wärme, bei constantem Drucke, und folglich mufs dann auch der Quotient beider specifischen Wärmen $\frac{c'}{c} = k$ constant seyn. Dieser Satz, welchen schon Poisson nach Versuchen von Gay-Lussac und Welter als richtig angenommen, und seinen Untersuchungen über die Spannkraft und Wärme der Gase zu Grunde gelegt hat²⁾, stimmt also mit der vorstehenden Theorie sehr gut überein, während er nach der Carnot'schen Theorie bei ihrer bisherigen Behandlung nicht möglich wäre.

Setzt man in der Gleichung (IIb.) $Q = \text{const.}$ so erhält man folgende Gleichung zwischen v und t :

$$(13) \quad c dt + A.R \frac{a+t}{v} dv = 0$$

woraus sich, wenn man c als constant betrachtet, ergibt:

$$v \frac{A.R}{c} \cdot (a+t) = \text{const.}$$

1) *Ann. de chim. et de phys.* XLI. und *Pogg. Ann.* XVI.

2) *Traité de mécanique* II^e éd. T. II, p. 646.

oder, da nach Gleichung (10a.) $\frac{AR}{c} = \frac{c'}{c} - 1 = k - 1$ ist:

$$v^{k-1} (a+t) = \text{const.}$$

und daraus wird, wenn v_0 , t_0 und p_0 drei zusammengehörige Werthe von v , t und p sind:

$$(14.) \quad \frac{a+t}{a+t_0} = \left(\frac{v_0}{v}\right)^{k-1}.$$

Führen wir hierin mittelst der Gleichung (I.) erst für v und dann für t den Druck p ein, so kommt:

$$(15.) \quad \left(\frac{a+t}{a+t_0}\right)^k = \left(\frac{p}{p_0}\right)^{k-1}$$

$$(16.) \quad \frac{p}{p_0} = \left(\frac{v_0}{v}\right)^k$$

Dieses sind die Beziehungen, welche zwischen Volumen, Temperatur und Druck stattfinden, wenn ein Gasquantum in einer für Wärme undurchdringlichen Hülle zusammengedrückt wird, oder sich ausdehnt. Diese Gleichungen stimmen ganz mit denen überein, welche von Poisson für denselben Fall entwickelt sind ¹⁾, was eben darauf beruht, daß auch er k als constant betrachtet hat.

Setzt man endlich in der Gleichung (IIb.) $t = \text{const.}$ so fällt das erste Glied auf der rechten Seite fort, und es bleibt:

$$(17.) \quad dQ = AR \frac{a+t}{v} dv,$$

woraus folgt:

$$Q = AR (a+t) \log. v + \text{const.}$$

oder wenn man die zu Anfang der Volumenveränderung stattfindenden Werthe von v , p , t und Q mit v_0 , p_0 , t_0 und Q_0 bezeichnet:

$$(18.) \quad Q - Q_0 = AR (a+t_0) \log. \frac{v}{v_0}.$$

Hieraus ergibt sich zunächst der auch von Carnot entwickelte Satz: wenn ein Gas ohne Temperaturveränderung sein Volumen verändert, so stehen die von demselben ent-

1) *Traité de méc. II, p. 647.*

wickelten oder verschluckten Wärmemengen in arithmetischer Reihe, während die Volumina eine geometrische Reihe bilden.

Setzt man ferner in (18.) für R wieder den vollständigen Ausdruck $\frac{p_0 v_0}{a + t_0}$, so kommt:

$$(19.) \quad Q - Q_0 = A p_0 v_0 \log \frac{v}{v_0}.$$

Wendet man nun diese Gleichung auf die verschiedenen Gase in der Weise an, daß man nicht gleiche Gewichtsmengen derselben betrachtet, sondern solche Mengen, die zu Anfang das gleiche Volumen v_0 einnehmen, so ist sie in allen ihren Theilen von der besonderen Natur des Gases unabhängig, und stimmt mit dem bekannten Satze überein, welchen Dulong, geleitet durch die oben erwähnte einfache Beziehung der Gröfse $k - 1$, aufgestellt hat, daß alle Gase, wenn man bei gleicher Temperatur und unter gleichem Drucke ein gleiches Volumen von ihnen nimmt, und sie dann um einen gleichen Bruchtheil dieses Volumens zusammendrückt oder ausdehnt, eine gleiche absolute Wärmemenge entwickeln oder verschlucken. Die Gleichung (19.) ist aber noch viel allgemeiner. Sie sagt außerdem, daß die Wärmemenge unabhängig ist von der Temperatur, bei welcher die Volumenveränderung geschieht, wenn nur die Quantität des angewandten Gases immer in der Weise bestimmt wird, daß auch bei den verschiedenen Temperaturen die anfänglich stattfindenden Volumina v_0 gleich sind; ferner, daß, wenn der anfängliche Druck in den verschiedenen Fällen verschieden ist, die Wärmemengen diesem proportional sind.

(Schluß im nächsten Heft.)

VI. *Ueber die unorganischen Bestandtheile in den organischen Körpern im Allgemeinen, und über die in den Hühnereiern im Besonderen;*
von Heinrich Rose.

Nachdem ich in einer früheren Abhandlung gezeigt hatte, daß wenn eine organische Substanz möglichst beim Ausschluss der Luft verkohlt wird, Wasser und Chlornasserstoffsäure aus der verkohlten Masse bald mehr bald weniger unorganische Bestandtheile ausziehen, daß aber oft bedeutende, oft aber auch nur geringe Mengen, oft auch gar keine unorganische Verbindungen in der durch Auflösungsmittel erschöpften Kohle zurückbleiben ¹⁾, war es mein Bemühen, zu erforschen, wie viele von diesen unorganischen Substanzen durch Auflösungsmittel aus den nicht verkohlten organischen Substanzen erhalten werden können.

Zu diesen Versuchen eignen sich die sogenannten Proteinsubstanzen am besten, da sie durch wenig erhöhte Temperatur in den coagulirten Zustand versetzt werden können, und dann Wasser nur geringe Mengen von organischer Substanz aus ihnen ausziehen kann.

Hr. Weber hat in dieser Hinsicht mehrere Proteinsubstanzen untersucht, nämlich Eiweiß und Eigelb von Hühnereiern, Muskelfleisch vom Pferde, das Serum und den Blutkuchen vom Blute des Pferdes.

Hier sollen zuerst nur die Resultate mitgetheilt werden, die er hinsichtlich des Eiweiß und des Eigelbs von Hühnereiern erhalten hat. Sie dienen zum Theil zur Bestätigung der Untersuchungen des Hrn. Poleck über diesen Gegenstand, der sich bei der Bestimmung der unorganischen Bestandtheile derselben Methode der Verkohlungsbediente ²⁾.

1) Pogg. Ann. Bd. 76, S. 305.

2) Pogg. Ann. Bd. 79, S. 161.

Die Hühnereier wurden mit der Schale längere Zeit mit Wasser gekocht, worauf das Weiße vom Gelben auf das Sorgfältigste getrennt wurde.

13 Eier wogen nach Entfernung der Schale 538,45 Grm., davon waren:

Eigelb	191,80 Grm.	oder	35,62 Proc.
Eiweifs	336,65	-	64,38
	<u>538,45.</u>		<u>100,00.</u>

Beide wurden darauf bei 100^a C. getrocknet. Das Eigelb wurde beim Trocknen ölig, und eine große Menge des Oels schwitzte aus. Das Eiweifs trocknete zu einer gelben bernsteinartigen Masse.

Beim Trocknen verlor das Eigelb 50,62 Proc., das Eiweifs aber 86,86 Proc. Wasser.

Das Gewichtsverhältniß des Eigelbs und des Eiweifs im getrockneten Zustande ist daher ein beinahe umgekehrtes, wie das im nicht getrockneten Zustande. Es wog im getrockneten Zustande

Eigelb	94,70 Grm.	oder	66,18 Proc.
Eiweifs	44,21	-	33,82
	<u>138,91.</u>		<u>100,00.</u>

Untersuchung des Eiweifs.

1. Untersuchung des verkohlten Eiweifs.

Das getrocknete Eiweifs (44,21 Grm.) wurde in einem großen Platintiegel beim Ausschluss der Luft verkohlt, um Gewissheit zu erlangen, ob die in den anorganischen Bestandtheilen gefundene Kieselsäure wirklich im Eiweifs enthalten sey, oder vielleicht von der Masse der Thontiegel herrühre, in denen früher die Verkohlung stattfand.

a) Der wässerige Auszug der verkohlten Masse betrug nach dem Abdampfen 2,036 Grm. Er bestand im Hundert aus:

Chlornatrium	44,40	Proc
Kali	29,07	-
Natron	7,12	-
Phosphorsäure	0,54	-
Schwefelsäure	1,62	-
Kohlensäure	16,20	-
Kieselsäure	0,14	-
	<hr/>	
	99,09.	

Berechnet man die Basen und Säuren zu salzartigen Verbindungen, so erhält man:

Na Cl	44,04
Na C	12,14
K C	37,69
K ³ P	1,60
K S	3,52
K ³ S	0,56
	<hr/>
	99,91.

2) Der chlorwasserstoffsäure Auszug der verkohlten Masse hatte 0,233 Grm. unorganischer Bestandtheile. Diese bestanden im Hundert aus:

Kali	8,16
Natron	18,88
Kalkerde	15,02
Magnesia	18,88
Eisenoxyd	1,71
Phosphorsäure	35,20
Kieselsäure	2,15
	<hr/>
	100,00.

Die Menge der Phosphorsäure reicht hin, um mit der Kalkerde und der Magnesia dreibasisch phosphorsaure Salze, und um mit dem Eisenoxyd Fe P zu bilden. Die berechnete Menge Phosphorsäure müßte dann 35,96 Proc. betragen; die gefundene war 35,20 Proc.

3)

3) Die rückständige Kohle der verkohlten Masse gab durch Behandlung mit Platinchlorid nur 0,099 Grm. unorganischer Bestandtheile. Sie bestanden im Hundert aus:

Kali	8,09
Natron	14,14
Kalkerde	13,13
Magnesia	28,28
Eisenoxyd	4,04
Phosphorsäure	26,26
Kieselsäure	6,06
	<hr/> 100,00.

II. Untersuchung der unorganischen Bestandtheile im nicht verkohlten Eiweifs.

Zu dieser Untersuchung wurde das Eiweifs von 19 Eiern angewandt, deren Bestandtheile durch Kochen in Wasser mit der Schale coagulirt wurden. Sie bestanden aus:

Eigelb	320 Grm. oder 39,12 Proc.
Eiweifs	498 - - 60,88 -
	<hr/> 818. 100,00.

Ein Versuch das nicht coagulirte Eiweifs, nachdem es soviel wie möglich vom Eigelb getrennt war, nach seiner Vermischung mit etwas mehr als einem gleichen Volumen Wasser zu coaguliren, um das Coagulum mit Wasser zu extrahiren, gelang nicht. Das durchs Kochen coagulirte Eiweifs setzte sich als dicker Schleim so fest an die Wände des silbernen Kessels, dafs ein Anbrennen schwer zu vermeiden war.

Als aber die Eier mit der Schale in Wasser gekocht worden waren, liefs sich das coagulirte und vom Eigelb getrennte Eiweifs leicht durchs Kochen mit Wasser ausziehen, ohne seine weifse Farbe zu verlieren.

1) Der wäfsrige Auszug des coagulirten Eiweifs (von 498 Grm.) war von schwach gelblicher Farbe, reagirte alkalisch und verkohlte sich schon theilweise beim Eindam-

pfen bis zur Trockniss. Die trockne Masse wurde in einem grossen Platintiegel möglichst beim Ausschluss der Luft geglüht. Die Masse schäumte dabei stark, es entwickelten sich aber keine stinkenden Gasarten, wie beim Verkohlen proteinartiger Körper, sondern der Geruch war wie ihn stickstofffreie organische Substanzen bei der Verkohlung zeigen. Die Kohle wurde fein gepulvert, mit Wasser ausgekocht und mit heissem Wasser ausgewaschen, bis das Waschwasser beim Verdampfen keinen Rückstand mehr hinterliess, und die salpetersaure Silberoxydlösung nicht mehr trübte. Es entstand freilich zuletzt durch dieses Reagens immer noch eine Opalisirung, die aber durch einen Tropfen von Salpetersäure wieder verschwand, und von aufgelösten phosphorsauren Erden herrührte, die beim Ausziehen des coagulirten Eiweiss in den wässrigen Auszug übergegangen, aber beim Verkohlen wieder unlöslich geworden waren, und sich in einer weit geringeren Menge auflösten.

Der wässrige Auszug der Kohle abgedampft und geglüht betrug 2,678 Grm.; seine Zusammensetzung war:

Chlornatrium	51,56
Kali	26,77
Natron	4,92
Phosphorsäure	1,41
Schwefelsäure	2,24
Kohlensäure	2,69
	<hr/> 99,59.

Es ist hierbei zu bemerken, dass bei der Bestimmung der Kohlensäure mittelst verdünnter Salpetersäure sich zugleich eine nicht ganz unbedeutende Menge von Schwefelwasserstoffgas entwickelte; die Auflösung wurde auch durch ausgeschiedenen Schwefel etwas milchicht.

Die mit Wasser extrahirte Kohle wurde darauf mit Chlorwasserstoffsäure behandelt; der saure Auszug abgedampft gab noch einen Rückstand von 0,106 Grm., und die mit Chlorwasserstoffsäure extrahirte Kohle gab nach

dem Verbrennen noch 0,010 Grm. Asche. Beide Rückstände vereinigt, hatten folgende Zusammensetzung:

Kali	0,032 Grm.	32,00 Proc.
Natron	0,017 -	17,00 -
Kalkerde	0,017 -	17,00 -
Magnesia	0,017 -	17,00 -
Phosphorsäure	0,017 -	17,00 -
	<u>0,100.</u>	<u>100,00.</u>

Die geringere Menge der erhaltenen Bestandtheile rührt davon her, daß die Basen im chlorwasserstoffsäuren Auszuge der Kohle als Chlormetalle enthalten waren und zu Oxyden berechnet werden mußten. — Die durch Wasser aus den coagulirten Eiweiß ausgezogenen Bestandtheile sind also:

2,678 Grm. im wäßrigen Auszuge
0,100 - Rückstand der Kohle
<u>2,778.</u>

Die sämtlichen unorganischen Bestandtheile des wäßrigen Auszugs des nicht verkohlten coagulirten Eiweiß, nachdem die geringen Mengen, welche in der Kohle zurückgeblieben waren, zu den Bestandtheilen, welche Wasser aus dem verkohlten Rückstand ausgezogen hatte, hinzugefügt worden sind, sind folgende:

Chlornatrium	49,71 Proc.
Kali	26,96 -
Natron	5,36 -
Kalkerde	0,61 -
Magnesia	0,61 -
Phosphorsäure	1,98 -
Schwefelsäure	2,16 -
Kohlensäure	<u>12,24 -</u>
	99,63.

oder

NaCl	49,71
Na \ddot{C}	9,14
K \ddot{C}	33,59
K \ddot{P}	2,29
K \ddot{S}	4,70
Ca \ddot{P}	1,12
Mg \ddot{P}	1,31
	<hr/> 101,86.

Vergleicht man dieses Resultat mit dem, welches der wässrige Auszug des verkohlten Eiweifs gegeben hat, so finden wir eine hinreichende Uebereinstimmung. Das Wasser hatte aus dem nicht verkohlten Eiweifs teleoxydische Körper ausgezogen, so dafs die Kohle des wässrigen Auszugs sich fast vollständig durch Wasser von den unorganischen Salzen befreien liefs.

Der wässrige Auszug des coagulirten nicht verkohlten Eiweifs zeigt einige merkwürdige Eigenschaften. Obgleich die Analyse einen sehr bedeutenden Gehalt von Chlornatrium in demselben erwiesen hat, so wird in der Auflösung, nachdem etwas verdünnte Salpetersäure hinzugefügt worden ist, durch salpetersaures Silberoxyd keine Fällung von Chlorsilber erzeugt. Dieselbe zeigt sich erst, nachdem die aufgelöste organische Substanz zerstört ist; entweder wenn der Auszug zur Trockniß abgedampft, die trockne Masse verkohlt und mit Wasser ausgelaugt wird, oder auch wenn man den wässrigen Auszug mit starker Salpetersäure einige Zeit erhitzt. Ich habe nicht untersucht, was für eine organische Substanz in dem Auszuge ist, die verhindert, dafs aus einer Chlornatriumlösung durch Silberoxydlösung kein Chlorsilber sich fällen kann. Aus dem oben Angeführten ergibt sich, dafs diese organische Substanz entweder stickstofffrei ist, oder sehr wenig Stickstoff enthalten müsse.

Der wässrige Auszug des coagulirten Eiweifs giebt auch nach Zusatz von salpetersaurem Bleioxyd keinen Niederschlag weder von Chlorblei noch von schwefelsaurem

Bleioxyd. Ebenso wird auch durch Chlorbaryum keine Fällung bewirkt.

Dagegen wird in dem Auszuge durch salpetersaures Quecksilberoxydul sogleich ein starker Niederschlag hervorgebracht. Er ist etwas graulich, aber weiß, wenn vorher etwas Salpetersäure hinzugefügt worden ist.

2) *Chlorwasserstoffsaurer Auszug des coagulirten Eiweiße.*

Das mit Wasser extrahirte, coagulirte Eiweiß wurde mit stark verdünnter Chlorwasserstoffsäure mehrere Tage in der Kälte digerirt, dann filtrirt und ausgetüft. Der saure Auszug war von schwach gelblicher Farbe. Zur Trockniss abgedampft hinterließ er eine sehr geringe Menge von Kohle, aus welcher durch Chlorwasserstoffsäure alle Bestandtheile ausgezogen werden konnten. Die durch Säure ausgewaschene Kohle verbrannte leicht beim Zutritt der Luft ohne einen Rückstand zu hinterlassen.

Das Gewicht der im chlorwasserstoffsauren Auszuge gefundenen Bestandtheile betrug 0,644 Grm. Die Zusammensetzung war:

Kali	32,14 Proc.
Natron	39,28 -
Kalkerde	12,11 -
Magnesia	11,33 -
Eisenoxyd	2,17 -
Phosphorsäure	2,97 -
	<hr/> 100,00.

Während die wässrigen Auszüge des verkohlten und des nicht verkohlten Eiweiß hinsichtlich ihrer Zusammensetzung sich sehr ähneln, weichen die chlorwasserstoffsauren Auszüge außerordentlich von einander ab, besonders hinsichtlich des Gehaltes an Phosphorsäure. Die Menge der Phosphorsäure in dem chlorwasserstoffsauren Auszuge des nicht verkohlten Eiweiß ist so klein, daß man unentschieden seyn muß, für welche der gefundenen Basen man die erhaltene geringe Menge von Phosphorsäure bestimmen soll.

Es ist möglich, daß gewisse phosphorhaltige anoxydische Bestandtheile des Eiweiß bei der Verkohlung (obgleich diese möglichst beim Ausschluß der Luft geschah) vielleicht durch Zersetzung des Wassers Phosphorsäure gebildet haben.

3) *Der Rückstand des coagulirten Eiweiß*, nachdem dasselbe mit Wasser und Chlorwasserstoffsäure behandelt worden war, wurde getrocknet und dann beim Ausschluß der Luft verkohlt. Aus der erhaltenen Kohle konnte Wasser nichts ausziehen; auch Chlorwasserstoffsäure gab einen Auszug, der abgedampft nur 0,004 Grm. wog. Die erschöpfte Kohle mit Platinchlorid behandelt, gab noch 0,102 Grm. unorganische Bestandtheile von folgender Zusammensetzung:

Kali	14,70
Natron	22,56
Kalkerde	6,86
Magnesia	4,90
Eisenoxyd	4,90
Phosphorsäure	36,28
Kieselsäure	9,80
	<hr/> 100,00.

Es ist bei dieser Untersuchung zu bemerken, daß die Kieselsäure des coagulirten aber nicht verkohlten Eiweiß sich weder durch Wasser noch durch Chlorwasserstoffsäure ausziehen liefs, während sie bei der Untersuchung des verkohlten Eiweiß sich in beiden Auszügen fand. Durch die Verkohlung sind also erst wohl Verbindungen der Kieselsäure mit Basen entstanden, die in Wasser und in Chlorwasserstoffsäure löslich sind.

Die Resultate der in den drei Theilen der Untersuchung gefundenen unorganischen Bestandtheile des Eiweiß sind also folgende:

Verkohltes Eiweiß gab unorganische Bestandtheile

im wässrigen Auszuge	85,58 Proc.
im chlorwasserstoffsauren Auszuge	9,84 -
in der rückständigen Kohle	4,18 -
	<u>100,00.</u>

Coagulirtes, nicht verkohltes Eiweiß gab an unorganischen Bestandtheilen

im wässrigen Auszuge	78,83 Proc.
im chlorwasserstoffsauren Auszuge	18,28 -
im Rückstande	2,89 -
	<u>100,00.</u>

Durch die Methode der Verkohlung wurden 0,73 Proc. unorganischer Bestandtheile im wasserhaltigen und 5,35 Proc. in dem bei 100° C. getrockneten Eiweiß erhalten.

Durch die Ausziehung des coagulirten nicht verkohlten Eiweiß durch Wasser und Chlorwasserstoffsäure und Verbrennung des erschöpften Rückstands erhielt man 0,71 Proc. vom wasserhaltigen und 5,38 Proc. von dem bei 100° C. getrocknetes Eiweiß.

Vereinigt man in beiden Analysen die Bestandtheile, welche in den drei Theilen derselben gefunden worden waren, so erhält man folgende Resultate:

Unorganische Bestandtheile.	I.	II.
	im verkohlten Eiweiß.	im coagulirten nicht verkohlten Eiweiß.
Chlornatrium	38,47	39,30
Kali	26,34	27,66
Natron	8,64	12,09
Kalkerde	2,04	2,90
Magnesia	3,06	2,70
Eisenoxyd	0,34	0,54
Phosphorsäure	5,06	3,16
Schwefelsäure	1,40	1,70
Kohlensäure	14,05	9,67
Kieselsäure	0,60	0,28
	<u>100,00.</u>	<u>100,00.</u>

Diese Resultate stimmen so nahe überein, wie man es nur bei den jetzt bekannten, ziemlich unvollkommenen Methoden, die unorganischen Bestandtheile in großen Mengen von organischer Substanz zu bestimmen, erwarten kann.

Diese Resultate zeigen aber auch eine große Uebereinstimmung mit dem Resultate, das Poleck bei einer Wiederholung einer früheren Analyse gefunden hat ¹⁾, Poleck hat nur geglaubt, daß der größte Theil des Chlors als Chlorkalium und nicht als Chlornatrium im Eiweiß enthalten sey, eine Annahme, die eben so wenig zu widerlegen, wie zu bestätigen ist.

Der größte Unterschied findet bei der Bestimmung der Kohlensäure statt.

Untersuchung des Eigelbs.

1. Untersuchung des verkohlten Eigelbs.

Es wurden 191,80 Grm. zur Untersuchung angewandt.

1) Der wässrige Auszug der verkohlten Masse reagirte stark sauer. Zur Trockniß abgedampft gab er beim Erhitzen einen geschmolzenen, nach dem Erkalten glasartigen Rückstand von 0,750 Grm.; der sich erst durch lange Digestion in Salpetersäure löste. Er bestand im Hundert aus:

Kali	9,60
Natron	6,66
Kalkerde	12,53
Magnesia	1,86
Eisenoxyd	1,20
Phosphorsäure	67,73
	<hr/> 99,58.

Es sind dies metaphosphorsaure Salze (wenn man das Eisenoxyd als nicht mit Phosphorsäure verbunden ansieht) und zwar

1) Pogg. Ann. Bd. 89, S. 155.

K ⁺ P ³⁻	24,14	Proc.
Na ⁺ P ³⁻	21,90	-
Ca ²⁺ P ³⁻	44,31	-
Mg ²⁺ P ³⁻	8,29	-
Fe	1,20	-
	<hr/> 99,84.	

Der wässrige Auszug enthielt kein Chlor. Wurde die Auflösung des abgedampften Auszugs in Salpetersäure mit Ammoniak versetzt, so bestand der Niederschlag nach dem Glühen aus $\text{Ca}^2\text{P}^{3-} + \text{Mg}^2\text{P}^{3-} + \text{FeP}$.

2) Der chlorwasserstoffsäure Auszug der verkohlten Masse. Das Gewicht der erhaltenen Bestandtheile war 0,347 Grm. Ihre Zusammensetzung war folgende:

Kali	10,09	Proc.
Natron	8,93	-
Kalkerde	9,80	-
Magnesia	2,30	-
Eisenoxyd	2,02	-
Phosphorsäure	66,86	-
	<hr/> 100,00.	

Es sind dies wie im wässrigen Auszuge metaphosphorsaure Salze, nämlich

K ⁺ P ³⁻	25,37	Proc.
Na ⁺ P ³⁻	29,37	-
Ca ²⁺ P ³⁻	34,66	-
Mg ²⁺ P ³⁻	10,24	-
Fe	2,01	-
	<hr/> 101,65.	

3) Die rückständige Kohle der verkohlten Masse liefs sich etwas schwer vermittelst Platinchlorids verbrennen. Sie enthielt 1,506 Grm. unorganischer Bestandtheile von folgender Zusammensetzung

Kali	7,70
Natron	4,44
Kalkerde	11,29
Magnesia	1,40
Eisenoxyd	1,53
Phosphorsäure	73,31
Kieselsäure	0,33
	<hr/> 100,00.

Diefs sind nicht nur metaphosphorsaure Salze, sondern es ist noch eine beträchtliche Menge von Phosphorsäure überschüssig vorhanden, wie sich diels aus folgender Zusammenstellung ergibt:

K [⊖] P	19,36	Proc.
Na [⊖] P	14,60	-
Ca [⊖] P	39,92	-
Mg [⊖] P	6,23	-
Fe [⊖] P	2,89	-
P	16,67	-
Si	0,33	-
	<hr/> 100,00.	

II. Untersuchung der unorganischen Bestandtheile im nicht verkohlten Eigelb.

Die Menge des zu dieser Untersuchung angewandten Eigelbs betrug 320 Grm. Es wurde zu wiederholten Malen mit Wasser ausgekocht, filtrirt und das Ungelöste mit heißem Wasser ausgüßt. Das Filtriren und das Auswaschen des Eigelbs ging schwer und langsam von statten, da das Oel des Eigelbs mit dem Wasser eine milchichte Flüssigkeit bildete, die auch milchicht durchs Filtrum ging. Das Auswaschen war erst nach mehreren Wochen beendet. Nach dieser Zeit lief das Waschwasser klar und durchsichtig ab; beim Verdunsten einer bedeutenden Menge blieb zwar ein geringer kohligter Rückstand, der aber beim Verbrennen keine Asche hinterliefs.

Der wässrige Auszug, dessen Volumen sehr bedeutend war (er betrug ungefähr 5 Berliner Quart), reagierte, nachdem er concentrirt worden war, neutral, wodurch er sich wesentlich von dem des verkohlten Eigelbs unterschied. Er wurde in einer Platinschale abgedampft, wodurch er schon theilweise verkohlte und dann beim Auschluss der Luft vollständig verkohlt. Die Menge der erhaltenen Kohle war nicht sehr bedeutend. Sie wurde fein gerieben, mit Wasser ausgekocht, filtrirt und ausgewaschen. Die Auflösung reagierte wiederum neutral. Die geringe Menge der ausgewaschenen Kohle wurde beim Zutritt der Luft verbrannt, wodurch ein ziemlich bedeutender Rückstand erhalten wurde. Derselbe wurde mit dem zur Trockniss abgedampften Auszug vereinigt. Das Gewicht beider betrug 1,390 Grm. Die Zusammensetzung war folgende:

Chlornatrium	28,41	Proc.
Kali	26,76	-
Kalkerde	6,47	-
Magnesia	3,10	-
Eisenoxyd	0,43	-
Phosphorsäure	34,53	-
	99,70.	

Die hieraus berechneten Salze sind folgende:

Na Cl	28,41	Proc.
$K^2 \ddot{P}$	47,00	-
$Ca^2 \ddot{P}$	14,68	-
$Mg^2 \ddot{P}$	8,41	-
$Fe^2 \ddot{P}^3$	1,00	-
	99,40.	

Die Zusammensetzung des wässrigen Auszugs des nicht verkohlten Eigelbs ist von dem des verkohlten außerordentlich verschieden. Während in diesem metaphosphorsaure Salze enthalten sind, sind in jenem nur pyrophosphorsaure Salze. Offenbar ist beim Verkohlen des Eigelbs durch eine in ihm enthaltene phosphorhaltige, vielleicht anoxydische Substanz, die im Wasser nicht löslich ist, Phos-

phorsäure, unstreitig wohl durch den Sauerstoff des Wassers gebildet worden, wodurch die pyrophosphorsauren Salze sich vollständig in metaphosphorsaure Salze verwandeln konnten. Dadurch ist zugleich bei der Verkohlung das im Eigelb enthaltene Chlornatrium vollständig zersetzt worden, denn der zweite Hauptunterschied beider Auszüge besteht in einem gänzlichen Mangel von Chlor im wässrigen Auszug des verkohlten Eigelbs. Man sieht hieraus, daß wenn die Auflösung einer durch gewöhnliche Einäschierung erhaltene Asche sauer oder auch nur neutral reagirt, und man in derselben keinen Chlorgehalt findet, man nicht auf die Abwesenheit des Chlors in der organischen Substanz schließen muß.

2) *Chlorwasserstoffsaurer Auszug des nicht verkohlten Eigelbs.*

Das mit Wasser extrahirte Eigelb wurde mit sehr verdünnter Chlorwasserstoffsäure 10 bis 12 Tage in der Kälte digerirt, filtrirt und so lange mit kaltem Wasser ausgewaschen, bis salpetersaures Silberoxyd in dem Waschwasser eine kaum bemerkbare Trübung hervorbrachte, und eine bedeutende Menge desselben beim Abdampfen in einer Platinschale keinen Rückstand hinterließ.

Der saure Auszug wurde zur Trocknifs abgedampft, der Rückstand im Platintiegel geglüht, und die geringe Menge der Kohle beim Zutritt der Luft verbrannt. Die erhaltene Masse schmolz beim Glühen zu einer zähen Flüssigkeit; nach dem Erkalten wog sie 2,528 Grm. Als sie mit Wasser behandelt wurde, weichte sie nur wenig in demselben auf, und selbst auch nach einer dreitägigen Digestion, abwechselnd mit Chlorwasserstoffsäure und mit Salpetersäure oder mit beiden Säuren zugleich in verdünntem und im concentrirtem Zustande blieb ein bedeutender Rückstand von körniger Beschaffenheit. Er wurde abfiltrirt und ausgewaschen. Hierbei löste sich keine Spur von ihm auf. Getrocknet und geglüht wog er 1,039 Grm. Auf's neue wiederum mit Säuren im verdünnten oder im concentrirten Zustand behandelt, veränderte er sich nicht im Mindesten.

Er wurde darauf mit einer concentrirten Auflösung von kohlensaurem Natron erhitzt, wodurch er seine Beschaffenheit veränderte; er wurde dadurch flockig voluminös, und bildete endlich eine ganz zähe terpenthinartige Masse, die als schwerer ölartiger Körper zu Boden sank. Nach dem Erkalten wurde das Ganze mit Wasser verdünnt, wobei ein flockiger Niederschlag ungelöst blieb, der sich aber vollständig auflöste, als die Flüssigkeit sauer gemacht wurde. In dieser Auflösung brachte Ammoniak einen starken voluminösen Niederschlag hervor, der abfiltrirt, in Salpetersäure gelöst und durch metallisches Quecksilber zerlegt wurde. Die Flüssigkeit, welche vom Niederschlag abfiltrirt wurde, enthielt keine Kalkerde, wohl aber entstand in ihr ein starker Niederschlag durch eine Magnesiaauflösung. Die Zusammensetzung des in Säuren ganz unlöslichen Körpers war folgende:

0,292 Grm.	Kalkerde
0,009 -	Eisenoxyd
0,739 -	Phosphorsäure
<u>1,040.</u>	

Diefs stimmt fast ganz genau mit dem Gewichte des unlöslichen Körpers, der hiernach aus metaphosphorsaurem Kalk mit geringen Mengen von Eisenoxyd bestand.

Der Theil, welcher durch die Behandlung mit Säuren aufgelöst wurde, wurde gleichfalls durch metallisches Quecksilber zersetzt. Die Zusammensetzung des Ganzen war:

Kali	3,40	Proc.
Natron	0,91	-
Kalkerde	19,52	-
Magnesia	1,62	-
Eisenoxyd	0,95	-
Phosphorsäure	73,60	-
	<u>100,00.</u>	

Es sind diess metaphosphorsaure Salze aber mit einem Ueberschuss von Phosphorsäure, wie diess folgende Zusammenstellung ergibt:

KP	8,55	Proc.
NaP	2,99	-
CaP	69,03	-
MgP	7,22	-
FeP	0,84	-
P	10,42	-
	<u>99,05.</u>	

3) *Der Rückstand des nicht verkohlten Eigelbs* (nachdem dasselbe mit Wasser und mit Chlorwasserstoffsäure behandelt worden war) wurde beim Ausschluss der Luft verkohlt. Nachdem die Kohle fein zerrieben, zog Wasser aus ihr nur 0,009 Grm. und Chlorwasserstoffsäure 0,035 Grm. unorganischer Bestandtheile. Die durch Auflösungsmittel erschöpfte Kohle war von glasartiger Beschaffenheit und konnte selbst nicht vermittelst Platinchlorid verbrannt werden. Sie wurde daher mit salpetersaurer Baryterde gemengt und das Gemenge nach und nach in sehr kleinen Portionen in einen nicht glasirten Steinguttiegel zum Glühen gebracht und verbrannt. Die Masse mußte, um alles Platin zu reduciren, in einer Atmosphäre von Wasserstoffgas erhitzt werden; sie wurde dann mit Chlorwasserstoffsäure behandelt und ausgewaschen und darauf mit Königswasser, um das Platin aufzulösen. Bei dieser Operation blieb noch Kohle zurück, welche wiederum mit salpetersaurer Baryterde behandelt wurde, worauf das Ganze in Chlorwasserstoffsäure sich vollständig löste. Die Platinlösung wurde zur Trocknifs abgedampft, der trockne Rückstand geglüht, mit Wasserstoffgas behandelt und mit Chlorwasserstoffsäure ausgezogen. Aus den Lösungen wurde die Baryterde durch Schwefelsäure entfernt, die filtrirte Flüssigkeit zur Trocknifs abgedampft, wiederum in Salpetersäure gelöst, und durch metallisches Quecksilber zerlegt.

Bei dieser überaus langwierigen Operation war gewiß ein Verlust nicht zu vermeiden, weshalb auch das Resultat dieses dritten Theils der Analyse nur wenig zuverlässig

sig seyn kann. — Das Gewicht der erhaltenen Bestandtheile war 0,414 Grm. und die Zusammensetzung folgende:

Kali	3,38
Natron	5,80
Kalkerde	1,45
Magnesia	2,66
Eisenoxyd	16,66
Phosphorsäure	63,53
Kieselsäure	6,52
	<u>100,00.</u>

Es sind dies metaphosphorsaure Salze mit freier Phosphorsäure, und zwar

$\ddot{\text{K}}\ddot{\text{P}}$	8,50
$\ddot{\text{Na}}\ddot{\text{P}}$	19,07
$\ddot{\text{Ca}}\ddot{\text{P}}$	5,12
$\ddot{\text{Mg}}\ddot{\text{P}}$	11,84
$\ddot{\text{Fe}}\ddot{\text{P}}$	31,50
$\ddot{\text{P}}$	17,45
$\ddot{\text{Si}}$	6,52
	<u>100,00.</u>

Die in den drei Theilen der Untersuchung gefundenen Resultate über die unorganischen Substanzen im Eigelb sind also folgende:

Das verkohlte Eigelb gab an unorganischen Bestandtheilen:

im wässrigen Auszuge	28,81 Proc.
im chlorwasserstoffsäuren Auszuge	13,33 -
in der rückständigen Kohle	57,86 -
	<u>100,00.</u>

Das nicht verkohlte Eigelb gab an unorganischen Bestandtheilen:

im wässrigen Auszuge	32,07 Proc.
im chlorwasserstoffsäuren Auszuge	58,38 -
im Rückstande	9,55 -
	<u>100,00.</u>

Durch die Methode der Verkohlung wurden 1,35 Proc. unorganische Bestandtheile im wasserhaltigen, nicht getrockneten Eigelb, und 2,74 Proc. in dem bei 100° C. getrockneten erhalten.

Durch die Ausziehung des nicht verkohlten Eigelbs vermittelst Wasser und Chlorwasserstoffsäure und Verbrennung des erschöpften Rückstands erhielt man 1,34 Proc. im wasserhaltigen und 2,74 Proc. im bei 100° C. getrockneten Eigelb an unorganischen Bestandtheilen.

Die aus den verschiedenen Theilen vereinigten Bestandtheile der beiden Analysen sind folgende:

Unorganische Bestandtheile.	I.	II.
	im verkohlten Eigelb.	im nicht verkohlten Eigelb.
Chlornatrium	—	9,12
Kali	8,60	10,90
Natron	5,70	1,08
Kalkerde	11,50	13,62
Magnesia	1,67	2,20
Eisenoxyd	1,50	2,30
Phosphorsäure	70,92	60,16
Kieselsäure	0,11	0,62
	<u>100,00.</u>	<u>100,00.</u>

Die Resultate beider Analysen weichen wesentlich von einander ab, doch eigentlich nur darin, daß durch die Methode der Verkohlung kein Chlor gefunden wurde; die Gründe, weshalb dieß nicht der Fall war, sind schon oben angegeben worden. Die Menge der Phosphorsäure bei der zweiten Analyse ist geringer, als bei der ersten, weil bei der Zerstörung des durch Auflösungsmittel erschöpften Rückstands Phosphorsäure verloren gehen mußte. Weil die Verbrennung dieses Rückstands in Steinguttiegeln unternommen werden mußte, so ist der Gehalt an Kieselsäure bei der zweiten Analyse beträchtlicher als bei der ersten, bei welcher die Verkohlungen und die Verbrennung der Kohle in Platinegefäßen vorgenommen wurden.

Dafs

Dafs die Procente der unorganischen Bestandtheile bei beiden Analysen so merkwürdig übereinstimmen, kann nur davon herrühren, dafs der Verlust des Chlors in der ersten Analyse durch den Verlust an Phosphorsäure in der zweiten compensirt wird.

Aber sehr gut stimmt das Resultat der ersten Analyse mit dem überein, welches Hr. Poleck durch eine gleiche Methode gefunden hat ¹⁾. Ich glaube nicht, dafs bisjetzt die Bestimmungen der unorganischen Bestandtheile in organischen Substanzen eine so grofse Uebereinstimmung gezeigt haben, wie diese, und es ist dies ein Beweis, dafs durch die von mir vorgeschlagene Methode, obgleich auch sie noch vieles zu wünschen übrig läfst, die bisjetzt genauesten Resultate erzielt werden können. Ich werde weiter unten noch der Fehler und der Verbesserungen dieser Methode Erwähnung thun. Es ist aber andererseits ein Beweis, dafs die Zusammensetzung der unorganischen Bestandtheile in Hühnereiern, sowohl im Eiweifs als auch im Eigelb immer dieselbe zu seyn scheint.

Nachdem ich die Ueberzeugung erhalten hatte, dafs sehr oft aus einer verkohlten organischen Substanz durch Wasser und durch Chlorwasserstoffsäure nicht alle unorganische Bestandtheile erhalten werden können, sondern dafs oft ein bedeutender Theil derselben erst durch Verbrennung der durch Auflösungsmittel erschöpften Kohle erhalten wird, fand ich, dafs die verschiedenen organischen Körper sich in dieser Hinsicht sehr verschieden verhalten, und dafs solche, die in ihren Eigenschaften sich sehr ähnlich sind, doch nach der Verkohlung den Auflösungsmitteln bald fast alle, bald fast gar keine unorganische Salze überlassen. So verhalten sich namentlich Eiweifs vom Hühnerei und Ochsenblut nach der Verkohlung sehr verschieden. Ich nannte die Körper, welche nach der Verkohlung den Auflösungsmitteln fast gar keine oder nur wenige unorganische Substanzen überlassen, anoxydische Körper, die hingegen, in

1) Pogg. Annal. Bd. 79, S. 161.

Poggendorff's Annal. Bd. LXXIX.

welchen nach der Verkohlung alle oder fast alle unorganischen Bestandtheile ausgezogen werden können, teleoxydische Substanzen, von der Ansicht ausgehend, daß im ersten Falle die unorganischen Salze in der verkohlten Masse in einem gleichsam desoxydirten Zustand enthalten seyn könnten, und sich erst durch die Verbrennung der Kohle bilden.

Durch Gegenversuche hatte ich mich überzeugt, daß wenn ich unorganische Salze, in Wasser auflösliche oder unauflösliche, mit einer organischen Substanz mengte und das Gemenge verkohlte, durch Wasser und Chlorwasserstoffsäure die ganze Menge der angewandten Salze aus der verkohlten Masse ausziehen konnte, und die erschöpfte Kohle dann, ohne einen Aschenrückstand zu hinterlassen, beim Zutritt der Luft verbrannte. Ich wandte schwefelsaures Kali, phosphorsaure Kalkerde und phosphorsaures Eisenoxyd an, welche ich mit Zucker mengte¹⁾.

Diese Versuche sind, mannigfaltig modificirt, weiter in meinem Laboratorium durch Hrn. Weber fortgesetzt worden, nachdem ich durch Liebig aufmerksam darauf gemacht wurde, ob sich nicht unter gewissen Umständen die unorganischen Salze mit der Kohle der verkohlten organischen Substanz so innig verbinden könnten, daß sie den Auflösungsmitteln widerstehen und daß namentlich Chlornatrium aus einer verkohlten Masse sich nicht vollständig durch Wasser ausziehen lasse. Die Resultate der Versuche des Hrn. Weber sind folgende:

Schwefelsaures Kali. — 1,490 Grm. des Salzes fein zerrieben, wurden mit einem Loth von fein zerriebenem Zucker innig gemengt und verkohlt. Die verkohlte Masse wurde nach dem Zerreiben mit Wasser ausgekocht und heiß ausgewaschen. Die filtrirte Auflösung mit Chlorbaryum versetzt gab 1,864 Grm. schwefelsaure Baryterde, die 1,394 Grm. schwefelsaurem Kali entsprechen. Es ist dieß fast die ganze Menge des angewandten Salzes (93,55 Proc.). Chlorwasserstoffsäure zog dann noch eine kleine Menge

1) Pogg. Ann. Bd. 70, S. 460.

des Salzes aus, ohne dafs dabei die geringste Menge von freiwerdendem Schwefelwasserstoff zu bemerken war.

Schwefelsaures Natron. — Der Erfolg ist ein anderer, wenn das schwefelsaure Alkali im aufgelösten Zustande mit einer im Wasser aufgelösten organischen Substanz vermischt, das Ganze abgedampft und dann verkohlt wird.

1,480 Grm. schwefelsaures Natron in Wasser aufgelöst, wurden mit einer Zuckerlösung, die 6 Loth Zucker enthielt, gemengt, und das Gemenge nach dem Abdampfen verkohlt. Die fein zerriebene verkohlte Masse wurde mit Wasser behandelt, bis dafs das Waschwasser nichts von unorganischer Substanz mehr enthielt. Aus der Auflösung fällte Chlorbaryum 1,638 Grm. schwefelsaurer Baryterde, die nur 1,001 Grm. schwefelsaurem Natron entsprechen. Die durch Wasser ausgewaschene Kohle wurde mit verdünnter Chlorwasserstoffsäure behandelt; aus der sauren Auflösung fällte Chlorbaryum noch 0,070 Grm. schwefelsaure Baryterde, 0,042 Grm. schwefelsaurem Natron entsprechend, so dafs nur 70,50 Proc. des angewandten schwefelsauren Natrons erhalten wurden.

Königswasser zog aus der erschöpften Kohle nur noch eine geringe Menge vom Salze aus; wurde sie aber darauf vermittelst Platinchlorids verbrannt, so gab das mit Wasser behandelte Platin noch einen bedeutenden Niederschlag vermittelst Chlorbaryums.

Phosphorsaure Kalkerde (Ca^2P). — 1,203 Grm. derselben wurden mit 6 Loth fein zerriebenem Zucker gemengt und verkohlt. Die verkohlte zerriebene Masse mit Chlorwasserstoffsäure behandelt, gab eine Auflösung, in welcher Ammoniak eine Fällung erzeugte, welche nach dem Glühen 0,838 Grm. wog. In der davon abfiltrirten Flüssigkeit brachte Oxalsäure nur einen geringen Niederschlag hervor, der nach dem Glühen 0,030 Grm. betrug und aus kohlensaurer Kalkerde bestand, die 0,016 Grm. Kalkerde enthalten. Aber die hiervon getrennte Auflösung gab mit schwefelsaurer Magnesia (mit einem Zusatz von Chloram-

monium) eine starke Fällung von phosphorsaurer Ammoniak-Magnesia, die nach dem Glühen 0,304 Grm. betrug und 0,193 Grm. Phosphorsäure enthält.

Die durch Ammoniak erhaltene Fällung wurde in Salpetersäure gelöst. Salpetersaure Silberoxydauflösung brachte einen sehr geringen Niederschlag von Chlorsilber in der Auflösung hervor. Nachdem das Silberoxyd durch Chlorwasserstoffsäure entfernt worden war, wurde die Kalkerde durch Schwefelsäure und Alkohol, und die Phosphorsäure, nach Verdampfung des Alkohols als phosphorsaure Ammoniak-Magnesia gefällt. Der 0,838 Grm. schwere Niederschlag war zusammengesetzt aus 0,003 Grm. Chlor, aus 0,436 Grm. Kalkerde und 0,388 Grm. Phosphorsäure. Dies entspricht beinahe der Zusammensetzung $\text{Ca}^3\ddot{\text{P}}$.

Durch Chlorwasserstoffsäure waren also aus der verkohlten Masse ausgezogen worden 0,581 Grm. Phosphorsäure und 0,452 Grm. Kalkerde oder 1,033 Grm.; also der größte Theil des angewandten Salzes. In dem was ausgezogen wurde, war Kalkerde und Phosphorsäure in demselben Verhältniß, wie im angewandten Salze.

Aus der mit Chlorwasserstoffsäure erschöpften Kohle wurde, nachdem sie mit Platinchlorid verbrannt war, durch Chlorwasserstoffsäure nur 0,011 Grm. Kalkerde und 0,016 Grm. Phosphorsäure erhalten.

Es hatte also nur eine sehr kleine Menge des angewandten Salzes, der Auflösung in Chlorwasserstoffsäure widerstanden. — Es ist bekannt, daß auch aus den beim Ausschuß der Luft gebrannten Knochen fast die ganze Menge der phosphorsauren Kalkerde durch Chlorwasserstoffsäure ausgezogen werden kann.

Phosphorsaure Magnesia ($\text{Mg}^2\ddot{\text{P}}$). — 1,353 Grm. des Salzes wurden in möglichst weniger Chlorwasserstoffsäure gelöst, mit einer wässrigen Lösung von 6 Loth Zucker vermischt, das Ganze darauf eingedampft und verkohlt. Die Kohle war von sehr glasartiger Beschaffenheit, so daß man sie, ohne Gefahr etwas davon zu verlieren, nicht pulvern

konnte. Sie wurde mit Chlorwasserstoffsäure behandelt, von dem sauren Auszug der größte Theil der freien Säure durchs Abdampfen verjagt, und dann die Auflösung mit Ammoniak übersättigt. Es wurden nur 0,405 Grm. gegläuhter $\text{Mg}^2 \ddot{\text{P}}$, also nur 30,00 Proc. erhalten.

In der abfiltrirten Flüssigkeit war weder Phosphorsäure noch Magnesia enthalten.

Der auffallende Unterschied, der zwischen den verkohlten Massen, welche phosphorsaure Kalkerde und phosphorsaure Magnesia enthalten, stattfindet, ist in der That merkwürdig. Es ist schon oben bemerkt worden, daß die phosphorsaure Magnesia in ihrer Auflösung in Chlorwasserstoffsäure angewandt wurde, die phosphorsaure Kalkerde aber nicht.

Phosphorsaures Natron ($\text{Na}^2 \ddot{\text{P}}$). — Es wurden 1,250 Grm. in Wasser gelöst, mit einer Auflösung von 6 Loth Zucker in Wasser vermischt, das Ganze abgedampft und verkohlt.

Beim Eindampfen der gemengten Lösung zeigte sich eine Erscheinung, die beim Abdampfen von Zuckerlösungen mit anderen unorganischen Salzen nicht stattfand. Der bis zu einer gewissen Concentration abgedampfte Syrup verwandelte sich in eine krystallinische Masse, ähnlich dem festen Traubenzucker, die bei fortgesetzter Einwirkung der Hitze nicht wieder flüssig wurde.

Die verkohlte Masse war von außerordentlicher Härte und Dichte, so daß sie nicht gepulvert werden konnte. Wasser zog aus derselben nur 0,105 Grm. unorganischer Bestandtheile aus. Der erhaltene Rückstand, in Wasser gelöst, reagierte stark alkalisch, und gab mit salpetersaurer Silberauflösung versetzt, einen rein gelben Niederschlag. Der Rückstand wurde deshalb für $\text{Na}^3 \ddot{\text{P}}$ angesehen.

Chlorwasserstoffsäure, lange mit der verkohlten Masse behandelt, zog ebenfalls nicht bedeutende Mengen des phosphorsauen Salzes aus. Der saure Auszug wurde abgedampft, um den größten Theil der freien Säure zu verja-

gen, darauf mit Ammoniak übersättigt und die Phosphorsäure als phosphorsaure Ammoniak-Magnesia gefällt. Es wurden nur 0,045 Grm. geglühter Mg^2P erhalten. Die abgeschiedene Flüssigkeit wurde zur Trockniss abgedampft und die ammoniakalischen Salze verjagt, aus der wieder aufgelösten Masse wurde durch Barytwasser die Magnesia gefällt und sodann der Ueberschuß der Baryterde durch Schwefelsäure abgeschieden, worauf 0,791 Grm. schwefelsauren Natrons erhalten wurden, die 0,346 Grm. Natron enthalten.

Diese große Menge des Natrons entspricht nicht der kleinen Menge der Phosphorsäure, die im chlorwasserstoffsäuren Auszuge enthalten ist. Durch die Einwirkung der Kohle ist also dem phosphorsauren Natron Phosphorsäure in bedeutender Menge entzogen worden.

Die durch Wasser und Chlorwasserstoffsäure erschöpfte Koble wurde darauf mittelst Platinchlorids verbrannt. Die Verbrennung geschah schwierig und erforderte eine lange Zeit. Durch Behandlung des Platins mit Chlorwasserstoffsäure wurden durch eine ähnliche Behandlung wie die des chlorwasserstoffsäuren Auszugs der verkohlten Masse noch 0,725 Grm. geglühter Mg^2P und 0,365 Grm. schwefelsaures Natron dargestellt.

Das Resultat der ganzen Untersuchung war also folgendes: Es wurden erhalten:

Aus dem wässrigen Aus-

zuge der verkohlten Masse 0,060 Grm. Na und 0,045 Grm. P

aus dem chlorwasserstoff-

sauren Auszuge 0,346 - - - 0,045 - -

aus der rückständigen

Kohle 0,160 - - - 0,460 - -

0,566. 0,550.

Es zeigt sich hier das merkwürdige Resultat, daß während bei der Untersuchung die Menge des Natrons, die im angewandten Salze enthalten ist, ziemlich genau wieder erhalten wurde, ein sehr bedeutender Verlust an Phosphorsäure stattfand.

Die Zusammensetzung von Na^vP im Hundert ist:

46,64 Na und 53,36 P.

Es wurden erhalten:

45,28 Na und 44,00 P.

Die dem Salze durch die Einwirkung der Kohle entzogene Phosphorsäure, die sich vielleicht in einem anoxydischen Zustand mit derselben verbunden hatte, ist wahrscheinlich bei der Verbrennung derselben verflüchtigt worden, obgleich dieselbe bei möglichst geringer Temperatur stattfand.

Kohlensaures Kali. — 2,565 Grm. des Salzes wurden im aufgelösten Zustande mit einer Auflösung von 6 Loth Zucker gemengt, das Ganze abgedampft und verkohlt.

Als sich beim Eindampfen ein dicker Syrup gebildet hatte, verwandelte sich beim ferneren Erhitzen das Ganze in eine körnig krystallinische Masse, die beim Verkohlen sich stark aufblähte. Die verkohlte Masse war von lockerer Beschaffenheit, verbrannte leicht wie Zunder und war nach dem Zerreiben ein zartes Pulver.

Die Kohle mit Wasser behandelt, gab einen Auszug, der nur sehr wenig durchs Zusetzen von Schwefelsäure brauste. Die Kohlensäure im Salze war also durch den Einfluss der großen Menge von Kohle fast vollständig zersetzt und in Kohlenoxyd verwandelt worden. Es verdienen die Producte dieser Zersetzung bei einer Temperatur, bei welcher sich noch kein Kalium bilden kann und die Kali im wasserfreien Zustand enthalten müssen, genauer untersucht zu werden. Der Auszug gab 2,512 Grm. schwefelsaures Kali, die nur 1,937 Grm. kohlensaurem Kali entsprechen.

Die mit Wasser ausgelaugte Kohle mit Chlorwasserstoffsäure behandelt gab noch 0,400 Grm. Chlorkalium, die 0,391 Grm. kohlensaurem Kali entsprechen. Die Menge des erhaltenen Kalis entspricht 86,07 Proc. von der angewandten Menge an kohlensaurem Kali.

Kohlensaure Kalkerde. — 2,930 Grm. derselben wurden in Essigsäure gelöst und mit einer Lösung von 6 Loth Zucker vermischt, das Ganze abgedampft und wie gewöhnlich verkohlt.

Die erhaltene Kohle war von sehr leichter Verbrennbarkeit, so daß beim Verkohlen der Zutritt der Luft sorgfältig abgehalten werden mußte. Sie wurde mit Chlorwasserstoffsäure behandelt, die filtrirte saure Auflösung bis zu einem geringen Volumen eingedampft, dann mit Ammoniak übersättigt und die Kalkerde durch Oxalsäure gefällt. Durch Verwandlung der oxalsauren Kalkerde in kohlensaure Kalkerde wurden nur 1,164 Grm. oder nur 39,72 Proc. des angewandten Salzes erhalten.

Chlornatrium. — 1,660 Grm. des Salzes wurden nach der Auflösung in Wasser mit 6 Loth Zucker wie gewöhnlich abgedampft und verkohlt. Die zerriebene Kohle wurde noch einmal im bedeckten Platintiegel geglüht.

Sie wurde lange und anhaltend mit Wasser gekocht, und mit heißem Wasser ausgewaschen. Nach dem Auswaschen von mehreren Tagen gab das Waschwasser noch immer mittelst salpetersaurer Silberoxydauflösung eine Reaction auf Chlor. Die Menge des erhaltenen Chlorsilbers betrug nur 2,415 Grm.

Die Kohle wurde von Neuem mit Wasser ausgekocht. Der Auszug reagirte wiederum von Neuem mit salpetersaurem Silberoxyd stark auf Chlor. Nach einem Auswaschen mit heißem Wasser von acht Tagen wurden noch 0,298 Grm. Chlorsilber erhalten.

Nochmals mit Wasser ausgekocht und mit heißem Wasser ausgewaschen konnte man endlich dahin gelangen, daß das Waschwasser die Silberoxydauflösung nicht mehr trübte. Es wurden nochmals 0,134 Grm. Chlorsilber erhalten. Die ganze Menge des erhaltenen Chlorsilbers entspricht aber nur 69,76 Proc. vom angewandten Chlornatrium.

Die mit Wasser ausgelaugte Kohle darauf mit Chlorwasserstoffsäure ausgekocht gab noch 0,050 Grm. Chlornatrium.

Als die Kohle mit Platinchlorid verbrannt, und das Platin durch das Wasser ausgezogen wurde, wurden noch 0,296 Grm. Chlornatrium erhalten.

Der wässrige Auszug der verkohlten Masse enthielt also vom angewandten Chlornatrium	69,76 Proc.
der chlorwasserstoffsäure Auszug	3,01 -
die rückständige Kohle	21,43 -
	<hr/> 94,20.

Hr. Strecker in Gießen hat, wie er mir mitgetheilt, ähnliche Resultate erhalten, als er Chlornatrium mit organischen Substanzen verkohlte.

Es ergibt sich aus diesen Untersuchungen, daß man unorganische Salze, wenn sie mit nicht sehr großen Mengen von organischen Substanzen gemengt sind, fast der ganzen Menge nach durch Auflösungsmittel, in denen sie auflöslich sind, nach der Verkohlung der organischen Substanz, ausziehen kann. Es scheint dies besonders dann der Fall zu seyn, wenn vor der Verkohlung das unorganische Salz mit der organischen Substanz nur innig gemengt war und beide nicht im aufgelösten Zustande mit einander vermischt wurden. War dies aber der Fall und ist die Menge der angewandten organischen Substanz gegen die des unorganischen Salzes außerordentlich bedeutend, so wird durch die Verkohlung ein Theil des letztern in einen Zustand versetzt, in welchem er durch Auflösungsmittel nicht aus der verkohlten Masse ausgezogen werden kann. Welche Veränderung er dadurch erleidet ist schwer zu beurtheilen. Ob dieser Theil des unorganischen Salzes oder Bestandtheile desselben mit der Kohle, einem elementaren Stoffe, eine chemische Verbindung bilden, oder ob die organische Substanz während des Schmelzens die Theilchen des unorganischen Salzes umhüllt, und die durch die Erhitzung entstandene Kohle die Gestalt der Hülle beibehält, ist schwer zu beurtheilen. Wir haben indessen gesehen, daß beim phosphorsauren Natron in der That Phosphorsäure vom Natron getrennt wird, während dies bei den Verbindun-

gen der Phosphorsäure mit der Kalkerde und der Magnesia, sie mögen im aufgelösten oder nicht aufgelösten Zustand angewandt werden, nicht der Fall ist. Wir können nicht einsehen, weshalb eine so starke Base, wie das Natron, durch den Einfluss der Kohle von der Phosphorsäure geschieden wird, aber jedenfalls können wir die Thatsache nicht durch Umhüllung der Theilchen des phosphorsauren Natrons durch Kohle erklären.

Ob wirklich die unorganischen Salze in der innigen Verbindung mit der Kohle Sauerstoff verloren haben und anoxydische Körper geworden sind, und erst nach Oxydation der Kohle im oxydirten Zustand erhalten werden, ist schwer zu beweisen, obgleich diese Ansicht durch die Versuche von Schönbein¹⁾ an Wahrscheinlichkeit gewinnt, der gezeigt hat, dass Kohlenpulver schon bei der gewöhnlichen Temperatur den Auflösungen von mehreren Metalloxydsalzen Sauerstoff entziehen und niedrigere Oxydationsstufen hervorbringen kann. In jedem Falle kann man den Namen anoxydische Körper für solche unorganische Verbindungen beibehalten, die mit der Kohle organischer Substanzen so innig verbunden sind, dass sie allen Auflösungsmitteln widerstehen.

Dass eine bloße Umhüllung der Kohle nicht immer die alleinige Ursache der Unauflöslichkeit der unorganischen Substanzen in den Auflösungsmitteln seyn kann, geht auch daraus hervor, dass die unorganischen Salze in den verschiedenen organischen Substanzen nach der Verkohlung sich sehr verschieden gegen Auflösungsmittel verhalten. Eiweiß, das in chemischer Hinsicht eine sehr große Aehnlichkeit mit dem Blute hat, hat die unorganischen Substanzen fast nur im teleoxydischen Zustand, während sie im Blute mehr in anoxydischen Zustände enthalten sind. Wenn man die Ursache davon von der geringeren Menge der organischen Substanz im Eiweiß als im Blute herleiten will, so kann man fragen, warum in den festen Excrementen, in welchen die Menge der organischen Materie bedeutend ist,

1) Pogg. Ann. Bd. 78, S. 521.

die unorganischen Salze grösstentheils im teleoxydischen Zustande enthalten sind.

Aus dem von mir in einer früheren Abhandlung Mitgetheilten geht ferner hervor, dafs die teleoxydischen Substanzen besonders in denjenigen Theilen der Pflanzen enthalten sind, die dem Einflufs des Lebensprocesses erst kürzere Zeit unterworfen waren, während in den vollendetsten Theilen derselben die unorganischen Salze mehr in einem anoxydischen Zustand sind, dafs aber bei den Thieren das Umgekehrte stattfindet, und gerade die Theile derselben, welche am längsten der Einwirkung des animalischen Lebensprocesses ausgesetzt waren, die Excremente, die unorganischen Bestandtheile als teleoxydische Substanzen enthalten. Dieses verschiedene Verhalten läfst sich nicht füglich durch eine Umhüllung des unorganischen Theils durch eine Hülle von Kohle erklären. Schon früher hatte ich gezeigt, dafs eine verkohlte Masse, die die unorganischen Substanzen im anoxydischen Zustand enthielt, durch Praepariren auf der Achatplatte mit Wasser (eine Operation, die etwas schwierig zu bewerkstelligen ist) nicht die Eigenschaft erlangt, den Auflösungsmitteln die unorganischen Salze zu überlassen.

Ich habe oben gezeigt, dafs nach der von mir gegebenen Anleitung, die Untersuchung der unorganischen Bestandtheile in den organischen Substanzen, namentlich in ihren Endergebnissen genaue Resultate giebt, auch wenn sie von verschiedenen Chemikern ausgeführt wird. Die Chemiker können zwar oft in den Ansichten nicht übereinstimmen, mit welchen Basen die durch die Analyse gefundenen Säuren, und zu welchen Verbindungen sie vereinigt sind. Es lassen sich aber hierüber bei dem jetzigen Standpunkte der Wissenschaft keine Gesetze aufstellen. Indessen aus den in dieser Abhandlung beschriebenen Versuchen geht hervor, dafs auch nach dieser Methode die Bestimmungen einiger Bestandtheile minder genau und etwas fehlerhaft ausfallen müssen, namentlich die des Chlors in den alkalischen Chlormetallen, vielleicht auch die der

Schwefelsäure in den schwefelsauren Alkalien, da diese aus den verkohlten organischen Substanzen nicht ganz vollständig durch Wasser ausgezogen werden können. Behandelt man die durch Wasser erschöpfte Kohle mit Chlorwasserstoffsäure, und verbrennt sie vollständig mit Platinchlorid, so erhält man zwar vollständig die Quantität der Alkalien, aber nicht die des Chlors, und auch vielleicht nicht vollständig die der Schwefelsäure. Auch selbst von der Phosphorsäure kann, wie aus den oben beschriebenen Versuchen hervorgeht, etwas verloren gehen, wenn sie an Alkali gebunden ist.

Alle diese Nachtheile werden aber vermieden, wenn die von mir beschriebene Methode in etwas modificirt wird. Verkohlt man nämlich eine organische Substanz bei gelinder Hitze und mengt die zerriebene verkohlte Masse, ohne sie vorher mit Wasser und Chlorwasserstoffsäure zu behandeln, mit reinem Platinschwamm, so verbrennt die Kohle bei gelinder Temperatur und sehr vollständig. Die mit Platin gemengte Asche wird zuerst mit Wasser, dann mit Salpetersäure und endlich mit einer Auflösung von Kalihydrat behandelt, um alle Bestandtheile der Asche bestimmen zu können. Diese Methode der Bestimmung der unorganischen Bestandtheile in organischen Substanzen, die ich in einem der folgenden Hefte dieser Annalen ausführlich beschreiben werde, scheint mir von allen jetzt bekannten die zweckmäßigste zu seyn.

Bei jeder Untersuchung des unorganischen Bestandtheils in organischen Substanzen wird aber durch jede Verkohlungs, auch selbst wenn sie bei möglichst geringer Temperatur geschieht, ein Verlust an Chlor stattfinden, wenn die Phosphorsäure als Metaphosphorsäure in der verkohlten Masse vorhanden ist, wie sich dieß oben bei der Untersuchung des verkohlten Eigelbs gezeigt hat.

VII. *Ueber ein neues, vereinfachtes Gasometer;
von W. Delffs in Heidelberg.*

Unter denjenigen Gasometern, welche zur Aufnahme größerer Gasmengen bestimmt sind, nimmt das von Pepys construirte noch immer den ersten Platz ein. Gleichwohl muß man bei diesem Apparat das Vorhandenseyn von drei Hähnen als einen Uebelstand bezeichnen; denn mit der Zahl der Hähne steigt einerseits der Preis des Instruments, und sinkt andererseits die Zuverlässigkeit und Haltbarkeit desselben. Diesen Uebelstand habe ich durch die in den folgenden Zeilen beschriebene Einrichtung, welche nur einen Hahn erfordert, und bei gleicher Capacität einen geringeren Raum einnimmt, zu beseitigen gesucht.

Die zur Versinnlichung des Apparats auf Tafel III. gegebenen Abbildungen sind mit Ausnahme von Fig. 9. im halbverjüngtem Maafstabe mitgetheilt, so daß der Mechanikus leicht nach denselben arbeiten kann. Fig. 9., das ganze Gasometer darstellend, dient zur Ergänzung von Fig. 7., in welcher nur das Hahnstück *C* vollständig gegeben ist.

Fig. 7. zeigt den Hahn in der geöffneten Lage, in welcher das Wasser aus der oberen Abtheilung *A* durch *a*, *a'*, *a''*, *a'''* in den unteren mit Gas erfüllten Raum *B* abfließen, und zugleich das Gas durch *b*, *b'*, *b''*, *b'''* ausströmen kann. Wird der Hahn um 90° gedreht, so kommt er gegen das Gasometer in diejenige Lage, welche in Fig. 8. abgebildet ist, so daß also sowohl das Wasser, als auch das Gas abgesperrt ist.

Die horizontale Scheidewand *dd'* in Fig. 7. und 9. hat bei *d'* eine Auftreibung, in welche das Gasleitungsrohr *b* hineinragt, wodurch eine vollständigere Entleerung des Gasometers, als bei der gewöhnlichen Construction der Fall ist, möglich gemacht wird. — Es versteht sich ferner von selbst, daß an dem Punkt der Zeichnung, wo das Wasser- und Gasleitungsrohr sich kreuzen, eines von beiden

eine Ausbiegung besitzen muß. — Das Ansatzstück b'' ist *schwach* konisch nach außen erweitert und zur Aufnahme eines durchbohrten Korkes bestimmt, in welchen dann nach Belieben die nöthigen Glasröhren, Löthrohrspitzen u. s. w. eingeschoben werden können. Es wird dadurch auf die bequemste Weise die Verbindung des Gasometers mit anderen Apparaten ermöglicht, weit bequemer, als wenn zu diesem Zwecke das in Rede stehende Ansatzstück mit einem Gewinde versehen wäre. Damit der Kork sich nicht allzu leicht verschieben lasse, darf die innere Fläche des Ansatzstücks nicht zu glatt ausgedreht seyn.

Aus dem Vorstehenden erhellt, daß das beschriebene Gasometer bei einfacherer Einrichtung und bequemerer Handhabung hinter den Leistungen des Gasometers von Pepys nicht zurücksteht. Nur Eines könnte man beim ersten Anblick einwenden, daß nämlich die neue Construction, wenn es sich darum handelt, Glasglocken und dergl. mit Gas zu füllen, noch eine besondere pneumatische Wanne erfordere, deren Function bekanntlich bei dem Gasometer von Pepys durch die obere Abtheilung A ersetzt wird. Sollte man wirklich hieran Anstoß nehmen, und die Hinzufügung einer Wanne allzu beschwerlich finden, so braucht man nur in den Kork des oben besprochenen Ansatzstückes b'' ein Rohr einzufügen, welches von diesem Ansatzstücke bis über den oberen Rand des Gasometers ansteigt, hier eine Biegung macht, und mit seinem etwas gekrümmten Ende fast bis auf den Boden der Scheidewand dd' herabreicht, um alsdann den oberen Raum A ebenfalls als Wanne benutzen zu können.

Es bedarf kaum der Erwähnung, daß ff in Fig. 9. das gewöhnliche Glasrohr, welches zur Beobachtung des Wasserstandes dient, und c eine Klammer bezeichnet, welche das Wasserleitungsrohr in seiner Lage unterstützt.

Die Scheibe, die zwischen dem Hahnstück und der Schraube e in Fig. 7., mit welcher der Hahn angezogen werden kann, vorhanden ist, besitzt einen Ausschnitt, (der in der Zeichnung nicht angegeben werden konnte) um gemein-

schaftlich mit einem in das Hahnstück eingelassenen Stift dem Hahne nur eine Drehung um 90° zu gestatten.

Schliesslich will ich noch eines Punktes gedenken, in welchem die Gasometer meistens fehlerhaft oder wenigstens unbequem construirt sind. Es betrifft dieser Punkt das durch eine Schraubenkappe verschliessbare Rohr *D* in Fig. 9., durch welches das Gasometer mit Gas gefüllt wird. Die Mechaniker pflegen diesem Rohr die in Fig. 10. abgebildete Einrichtung zu geben, welche jedoch den doppelten Nachtheil hat, dass sich einerseits nach jedesmaligem Gebrauch des Gasometers das Wasser nicht vollständig ausgießen lässt, und dass andererseits die mit dieser Einrichtung nothwendig verknüpfte *größere Länge* des Rohres *D* die Einführung des Gasentwicklungsrohrs, das durch seine Verbindung mit dem Gasentwicklungsapparat eine mehr oder weniger unverrückbare Lage hat, beschwerlicher macht als dies der Fall ist, wenn man diesen Theil des Gasometers die in Fig. 11. abgebildete Einrichtung giebt. Bei dieser letzteren ist nur darauf zu sehen, dass die parallel mit dem Boden des Gasometers gezogene punktirte Linie *ab* in Fig. 11. oberhalb des Punktes *c* zu liegen kommt, um das mit Wasser gefüllte Gasometer bei geschlossenem Hahn und abgeschrobener Kappe aus der Wanne herausnehmen zu können, ohne dass das Wasser aus dem Rohr *D* ausfließt. Uebrigens ist dieser Vortheil, der allerdings bei Fig. 10. gesicherter erscheint, so unbedeutend, dass man gerne darauf verzichten kann. Der luftdichte Verschluss der Kappe wird dadurch erzielt, dass man die Kappe mit Kork oder Gutta-percha füttert.

(Hr. Mechanikus Oechsle in Pforzheim hat mir nach dieser Angabe zwei Gasometer, deren cubischer Inhalt sich bei gleicher Höhe wie 1:2 verhält, verfertigt, die in ihren Leistungen den gesagten Erwartungen vollkommen entsprechen. Ich bewahre in denselben schon seit zwei Monaten resp. Sauerstoff- und Wasserstoffgas auf, ohne eine Verunreinigung dieser Gase mit atmosphärischer Luft bemerken zu können, indem ich nur die Vorsicht beobachtete,

die Hähne etwas stärker, als dies gewöhnlich der Fall ist, durch die Schraube *e* Fig. 7. anzuziehen. Ich darf daher mit der Versicherung schliessen, dass die neue Einrichtung sich bereits vollkommen bewährt hat).

Heidelberg, den 20. Januar 1850.

VIII. *Neue Versuche mit dem Leidenfrost'schen Phänomen; von J. Schnaafs.*

Von jeher für das sogenannte Leidenfrost'sche Phänomen, als eine der interessantesten Erscheinungen der Physik, eingenommen, beschäftigte ich mich anhaltend damit und suchte vorzüglich möglichst *grofse* Wassermassen rotiren zu lassen. So gelang es mir denn, unterstützt durch die Benutzung einer am Boden etwas flachen, uhrglasförmigen, ziemlich grofsen Platinschale, schon vor einem Jahre eine eigenthümliche Erscheinung am Tropfen zu beobachten, über die ich meine Versuche seit der Zeit zu vervollkommen bemüht war. Diese Erscheinung besteht darin, dass der Tropfen — unter gewissen Verhältnissen — eine sehr schöne symmetrische Figur annimmt, erzeugt durch eine vom Centrum ausstrahlende Wellenbewegung. In der Voraussetzung, dass diese Erscheinung Wenigen bekannt und nie öffentlich besprochen worden sey, theile ich hier meine bisher angestellten Beobachtungen mit.

I. Um den Versuch gelingen zu lassen, ist vor Allem eine passende Temperatur — Rothglühhitze — und eine etwas *grofse*, *flache* Platinschale, die den freien Bewegungen des Wassertropfens durch zu bedeutende Concavität nicht hinderlich ist, nöthig. Ich stelle das Experiment über einer Berzelius'schen gut ziehenden Spirituslampe an; Platinschalen von erwähnter zweckmäfsiger Form sind beim Universitätsmechanikus Apel in Göttingen vorrätzig. Ich

er-

erwähne diese erforderlichen Apparate weitläufig, weil ich der Ueberzeugung bin, daß *ohne* sie das Experiment schwerlich gelingen wird.

2. Hat nun die Platinschale die Rothglühhitze erreicht — dabei muß die Spiritusflamme so intensiv wirken, daß die Temperatur durch stellenweise Annäherung der kalten Wassertropfen an die glühende Schale nur augenblicklich unmerklich erniedrigt, dann aber sogleich wieder dieselbe wird — so spritzt man mit einer zweiröhrigen Spritzflasche vorsichtig in ganz kleinen Tropfen so lange darauf, bis sich das gewöhnliche abgeplattete Sphäroid von ungefähr $\frac{1}{2}$ Zoll Durchmesser gebildet hat. Nun sucht man durch senkrechtes Hineinhalten eines Platindrahtes — allenfalls auch eines spitzen, massiven Glasstabes — in die Mitte des Tropfens den letzteren in Ruhe zu bringen. Nachdem dieß geschehen, was in einigen Augenblicken der Fall ist, so bemerkt man bald um den Draht oder den Glasstab herum auf dem Tropfen sich concentrische Kreise bilden, wobei ein eigenthümliches Summen durch das Gefühl in der Hand oder durchs Gehör wahrgenommen wird; dabei steigen kleinere oder größere Blasen in der Mitte des Wasserdampfes in die Höhe. Zieht man jetzt den Platindraht langsam in senkrechter Richtung heraus, so geräth plötzlich der ganze Tropfen in eine hüpfende Bewegung, gleichsam in das heftigste Tanzen, *wobei er die schönsten Formen annimmt* und sich mehr oder weniger langsam um seinen Mittelpunkt dreht.

3. Diese Formen sind, vom Centrum aus betrachtet, ganz symmetrische, stern- oder rosettenförmige Figuren, deren strahlenförmige Hervorragungen vollkommen abgerundet sind. (Siehe die Fig. 13. 14. und 15. Taf. III.). Die Zahl der strahlenförmigen Hervorragungen, ist stets eine *gerade* und hängt von der Größe des Tropfens, mehr aber noch von der Schnelligkeit der Bewegung, und diese wiederum von der Temperaturhöhe ab. Im Allgemeinen sind die Hervorragungen um so zahlreicher, je größer die angewandte Hitze ist. Bei während des Versuchs gleichbleibender Temperatur kann man folgendes Verhältniß zwischen der An-

zahl Hervorragungen und der allmählig abnehmenden Wassermenge beobachtet.

a) Fig. 13. Taf. III. zeigt sich am häufigstens im Anfang, wenn der Tropfen noch die in der Abbildung beibehaltene Gröfse besitzt. Die Gestalt ist hier achtstrahlig oder -bogig und man sieht die Linien von zwei und vierbogigen Formen $abcd$ und $a'b'c'd'$ sich scheinbar so deutlich durchschneiden, dafs man versucht wird, zu glauben, die Erscheinung sey zum Theil eine optische Täuschung, dadurch hervorgebracht, dafs sich die vierbogige Gestalt $abcd$ in der Richtung des Pfeiles sehr rasch um sich selbst bewege, so dafs man sie in den zwei Stellungen zugleich erblicke, wodurch die achtbogige Figur entstehe. Um zu entscheiden, ob die letztere die *eigenthümliche* oder blofs durch die Rotation der vierbogigen Gestalt um ihr Centrum entstanden sey, kam der Hr. Professor Snell, dem ich meine Versuche vor Augen führte, auf den Gedanken, die ganze Erscheinung bei dem Lichte des elektrischen Funkens zu betrachten. Obgleich diefs wegen der plötzlichen Entfernung jeder fremden Beleuchtung einigermafsen schwierig in's Werk zu setzen ist, liefs ich mir die Mühe der öfteren Wiederholung doch nicht verdriessen, bis sich endlich das gewünschte Resultat ergab. Man erblickte nämlich beim Leuchten des elektrischen Blitzes den Tropfen in *achtfacher Strahlenform*, gerade so, wie beim dauernden Licht, womit die wirkliche Existenz dieser Gestalt erwiesen ist.

Für Solche, die diesen letzten Versuch wiederholen wollen, füge ich hinzu, dafs es nichts schadet, wenn der elektrische Funken auch nicht sehr intensiv leuchtet, wenn man nur wenigstens die *Spiegelung* desselben in zwei nebeneinander liegenden Zacken des Tropfens erblickt, während er gerade eine acht- oder sechsstrahlige Gestalt angenommen hat, denn hieraus ergibt sich dasselbe.

b) Häufig geräth der Tropfen, wenn er etwas an Masse abgenommen hat, in so heftige Schwingungen, dafs man nicht im Stande ist, die Strahlen zu zählen; unterscheiden

und erkennen lassen sich indessen noch recht gut: eine zehn- zwölf- und sechzehnstrahlige Gestalt. Sie sind im Uebrigen der in Fig. 13. abgebildeten völlig gleich. Beim aufmerksamen Hineinschauen, was am bequemsten durch eine starke klare Glastafel geschieht, um durch die Hitze nicht belästigt zu werden, gewahrt man während der rascheren Wellenbewegungen auf der *Oberfläche* des Tropfens ebenfalls symmetrisch geordnete Erhöhungen und Vertiefungen, die ohne Zweifel zu denen an der Peripherie in gewisser Beziehung stehen.

c) Zuweilen nimmt der Tropfen beim Uebergang aus der achtstrahligen zu einer mehrstrahligen Gestalt die von Fig. 14. Taf. III. an; die Wellenbewegung ist alsdann nur langsam.

d) Fig. 15. Taf. III. stellt die Form vor, welche häufig kleine Tropfen von ungefähr Erbsengröße annehmen; merkwürdig ist es, daß nach meinen Beobachtungen ein großer Tropfen, der anfangs eine vielstrahlige Gestalt darstellte, bei allmählicher Abnahme an Masse niemals *von selbst* in die vierbogige Bewegung verfällt, sondern daß diese nur *ursprünglich kleinen* Tropfen eigen ist.

4. Es ist beinahe unmöglich, schon jetzt etwas Sicheres über die Ursache der ganzen Erscheinung sagen zu können, und das nachfolgend Mitgetheilte soll nichts weiter als eine einfache, auf Beobachtungen gegründete Vermuthung seyn. Ich wünsche indessen aufrichtig, daß dieses neue Phänomen genügendes Interesse finden möge, um auch Andere zu weiteren Versuchen anzuregen; den Bemühungen Vieler möchte die Lösung des Räthsel leichter gelingen. — Meiner Ansicht nach ist der Ursprung dieser Erscheinung darin zu suchen, daß das unter dem schwebenden Tropfen erzeugte Wassergas entweder zufällig — denn die Bewegung findet zuweilen auch ohne äußere Nachhülfe statt — oder durch den Platindraht vermöge der Adhäsion, unter den Schwerpunkt der schwebenden Wassermasse hingezogen wird und dort durch einen, wegen momentaner Verdichtung und Wiedererzeugung des Gases

veränderlichen, gleichsam vibrirenden Druck nach oben auf die nach allen Richtungen sich frei bewegende Masse, die Schwingungen erzeugt. — Jedenfalls ist es eine würdige Aufgabe der Mathematik, diese Wellenbewegungen durch Gröfsenverhältnisse zur Anschauung zu bringen, denn hier wird der Wellentheorie ein neues Feld eröffnet in den Schwingungen eines tropfbarflüssigen, freischwebenden Körpers.

5. Die Aehnlichkeit der ganzen Erscheinung mit den Klangfiguren ist auffallend; letztere könnten gleichsam als Skelett der Wassergestalten angesehen werden, welchen die Erhöhungen und Vertiefungen des schwingenden Tropfens vielleicht entsprechen. Das zwar schwache, aber jedesmal bemerkliche Summen im Momente des Entstehens der Figuren scheint die Aehnlichkeit zu vermehren.

6. Wenn man Körner oder Pulver eines festen, im Wasser unlöslichen Körpers in den Tropfen streut, so werden die excentrischen Strahlungen zwar kleiner, aber um so rascher und zahlreicher, so dafs der klare äufserlich scheinbar fast unbewegliche Wassertropfen, mit zahllosen symmetrischen Erhöhungen und Vertiefungen bedeckt, ein, gewissen kleinen Seeigelschaalen ähnliches, Ansehen gewinnt.

7. Die Schwingungen finden statt bei jedem flüssigen Körper, welcher der Einwirkung der hohen Temperatur ohne Zersetzung zu widerstehen vermag. Die Schwingungen werden um so rascher, kleiner und zahlreicher, je gröfser das specifische Gewicht der Flüssigkeit. Schwefelsäure, mit verschiedenen Quantitäten Wasser verdünnt, zeigt dies recht schön; sie concentrirt sich während des Versuches allmählig und die Bewegungen werden innerhalb des Tropfens immer rascher.

Fette Oele zeigen nur einige Augenblicke das gewöhnliche Leidenfrost'sche Phänomen und verbrennen alsdann.

Am Alkohol beobachtete ich, je nachdem er wasserfrei oder wälsrig war, verschiedene unregelmäfsige Bewegungen, deren ich hier, wo blofs *symmetrische* Figuren ins Auge

zu fassen sind, nicht näher erwähnen will; das Bestreben des Alkoholtropfens, die Gestalt von Fig. 15. — die mit möglichst geringer Bogenzahl — anzunehmen, ist indessen beachtungswerth. Bringt man einen möglichst grossen Tropfen absoluten Alkohols auf die glühende Platinscheibe, so bildet sich unter Abscheidung von Kohle Aldehyd, welches gewöhnlich nach einigen Augenblicken mit stark leuchtender Flamme verbrennt, während der noch unzersetzte Alkoholtropfen, ohne zu brennen, erst in diesem Momente, rings von Flammen umgeben, die Gestalt der Fig. 14. annimmt. Jedenfalls verhindert anfangs das zu geringe specifische Gewicht des Alkohols die Schwingungen und sie zeigen sich erst dann, wenn, wie durch das Uebergehen des verbrennenden Aldehyds in Gase von gröfserer Expansion, ein Druck auf die Oberfläche des Tropfens stattfindet. — Diefs steht in Uebereinstimmung mit dem Obenerwähnten, dafs nämlich die Wellenbewegung um so rascher, und die Anzahl der Bogen um so gröfser ist, ein je gröfseres specifisches Gewicht die Flüssigkeit hat, einerlei, ob dasselbe ursprünglich, oder durch fremde Körper erzeugt ist, dafs ferner umgekehrt specifisch leichtere Flüssigkeiten langsamer schwingen und Rosetten von geringer Bogenzahl bilden.

Jena im December 1849.

IX. *Das Interferenzoskop, ein Apparat zur Darstellung und Beobachtung der Interferenzerscheinungen bei Wasserwellen;*
von Dr. Adolph Poppe.

Der Wunsch, die Interferenzphänomene bei Wellenbewegungen in Flüssigkeiten optisch bequem darzustellen, leitete mich auf die Construction eines Apparates, in welchem

ich durch eine einfache mechanische Vorrichtung an beliebigen Stellen einer Wasserfläche Systeme rasch auf einander folgender Wellen (100 bis 200 in 1 Sekunde) erzeuge und die Brechung der Lichtstrahlen in der Flüssigkeit benutze, um die Interferenzen der Wellenberge als hellglänzende unbewegliche Linien auf einem weissen Grunde oder auf einer transparenten Scheibe erscheinen zu lassen.

Es stelle Fig. 16. Taf. III. den Durchschnitt einiger durch Interferenz entstandener Wellen dar, welche von senkrecht einfallenden Sonnenstrahlen ap , br , cs ... getroffen werden. Die Wellenberge abc , efg ... wirken in diesem Falle in ähnlichem Sinne, wie Convexgläser; sie concentriren die einfallenden Strahlen in eine Brennnlinie, während die Wellenthäler cde , ghi ... in dem Sinne von Concavgläsern eine Zerstreuung der Lichtstrahlen bewirken. Befindet sich nun unter der Oberfläche des Wassers eine weisse Fläche AB in der gehörigen Brennweite, so werden die von den Wellenbergen aufgefangenen Strahlenbündel auf dem weissen Grunde in m , n , o ... zu hellen Lichtlinien vereinigt erscheinen, während die von den Wellenthälern aufgefangenen Strahlen innerhalb der Räume mn , no ... sich zerstreuen und daselbst nur eine matte Beleuchtung hervorbringen. Noch deutlicher werden die Lichtlinien hervortreten, wenn die Strahlen schief z. B. in den Richtungen ap' , br' , cs' ... einfallen, weil dann diejenigen Strahlen, welche die hintere Seite eines Wellenberges und die angrenzende Seite eines Wellenthales treffen, zum Theil vollständig reflectirt werden, wodurch der die Lichtlinien trennende Raum um so dunkler erscheint. Dieses ist das Princip, worauf der in Rede stehende physikalische Apparat beruht.

Fig. 17. Taf. III. giebt eine isometrisch-perspectivische Skizze des Interferenzoskops in seiner einfachsten Form. Auf einige vortheilhafte Modificationen desselben werde ich am geeigneten Orte aufmerksam machen. Die Haupttheile des Apparates sind der Wasserbehälter, der Mechanismus zur Erregung der Wellen, und die Fläche zur Auffangung

der gebrochenen Lichtstrahlen. Zur Aufnahme des Wassers dient ein rechteckiger 14 Zoll langer, 10 Zoll breiter und 3 Zoll tiefer, inwendig geschwärzter, Behälter aus Blech. Dieser Behälter ist in einen starken auf vier Füßen ruhenden hölzernen Kasten *A* eingefügt und mit einem Hahn *a* zum Ablassen des Wassers versehen. *B* ist ein um Scharniere drehbarer und in jeder Lage fixirbarer Planspiegel, mit dessen Hilfe die Sonnenstrahlen, wenn sie keine günstige Richtung haben sollten, aufgefangen und unter dem geeigneten Winkel auf die Wasseroberfläche reflectirt werden können. Ist man in dem Fall, von dem Spiegel Gebrauch zu machen, so muß man die direct einfallenden Strahlen durch einen in der Abbildung nicht angegebenen leichten Pappdeckelschirm von der Wasseroberfläche abhalten. Als Lichtquelle kann auch eine helle Lampe benutzt werden, die man mit Rücksicht auf die Divergenz der Strahlen in der geeigneten Entfernung vom Apparate aufstellt.

Die Vorrichtung zur Erregung der Wellen besteht aus einem verschiebbaren eisernen Gestell *bbb*, das an jede Stelle des Wasserbehälters bewegt und mittelst zweier Stellschrauben *c* an beiden gegenüberliegenden Wänden des hölzernen Kastens befestigt, auch ganz herausgenommen werden kann. In diesem Gestell, das sich über die ganze Breite des Behälters erstreckt, ist nahe am Boden des letzteren eine Axe *dd* gelagert. Von dem einen Ende dieser Axe geht ein Arm in die Höhe, dessen oberes Ende mit einem Haken oder Einfall *e* versehen ist. Der letztere wird durch eine in der Abbildung nicht sichtbare Feder, deren Druck sich beliebig reguliren läßt, gegen die schrägen Zähne des Rades *f* gedrückt. Die Axe des Zahnrades ist mit einer Kurbel *g* versehen, oder sie steht mit einem einfachen Uhrwerk in Verbindung, und es ist die Anordnung getroffen, daß das Rad leicht von seiner Axe abgenommen und durch ein anderes mit mehr oder weniger Zähnen versehenes ersetzt werden kann. Ertheilt man nun dem schräg gezahnten Rade entweder durch Drehung der Kurbel aus freier Hand oder mittelst des Uhrwerks eine

gleichförmige Rotation, so wird das Einfallen des Hakens *e* zwischen die schrägen Zähne des Rades *f* die Axe *dd* in rasche Oscillationen versetzen. Die Axe ist mit einer Anzahl horizontaler und verticaler Löcher durchbohrt, um diejenigen Gegenstände daran befestigen zu können, die durch ihre Schwingungen ein System rasch auf einander folgender Wellen von verschiedener Gestalt hervorzubringen bestimmt sind. Jede Umdrehung des Zahnrades *f* erzeugt eben so viel Wellen, als das Rad Zähne hat, so daß man z. B. bei einem Rade von 120 Zähnen, wenn man diesem eine Geschwindigkeit von einer Umdrehung in der Sekunde ertheilt, von beliebigen Punkten der Wasserfläche aus, 120 Wellen in einer Sekunde erregen kann, deren Interferenzen sich auf einem hellen Grunde als unbewegliche Lichtcurven von parabolischer, hyperbolischer und anderer Form sehr schön abbilden. Zur Auffangung der Lichtstrahlen nach ihrer Brechung im Wasser dient am zweckmässigsten eine matt geschliffene Glastafel *C*, welche in eine Oeffnung des Behälterbodens wasserdicht eingesetzt ist. Unter dieser Glastafel befindet sich ein unter einem Winkel von 45° geneigter Planspiegel, worin der Beobachter alle auf dem Wasserspiegel erzeugten und auf der Glastafel sich abbildenden Interferenzphänomene deutlich erblickt. Befestigt man z. B. an der Axe *f* zwei starke Drähte *ii*, die aufwärts gebogen sind und sich an der Wasseroberfläche in conische Spitzen endigen, so erscheint, sobald der Apparat in Thätigkeit gesetzt wird, in dem Spiegel das Abbild eines Systems von Hyperbeln, die sich um die beiden wellenerregenden Spitzen als um Brennpunkte legen, und deren große Axen je um eine Wellenlänge zunehmen. Eine der genannten Drahtspitzen, in der Mitte einer kreisrunden Fläche oscillirend, giebt ein System kreisrunder um den Mittelpunkt der reflectirenden Fläche concentrisch angeordneter Lichtlinien. Eine Spitze, in einiger Entfernung von einer geraden Schiene und gleichzeitig mit ihr schwingend, giebt Lichtcurven, deren parabolische Gestalt sich leicht nachweisen läßt. Diese Parabeln haben

den wellenerregenden Punkt zum gemeinschaftlichen Brennpunkt, und diejenige derselben, deren Scheitel in der Mitte des Abstandes der Drahtspitze von der oscillirenden Schiene fällt, hat die letztere zur Leitlinie, während man sich die Leitlinien der andern Parabeln um eine, zwei oder mehrere Wellenlängen von dem Brennpunkte entfernter oder demselben näher liegend denken muß, je nachdem der Scheitel der Parabel um eine, zwei oder mehrere Wellenlängen dem Brennpunkte entfernter oder näher liegt. Und so können mit diesem Apparate, je nach der Gestalt der reflectirenden Flächen und der Stellung der wellenerregenden Spitzen gegen sie, Interferenzfiguren von manigfaltigen Formen erzeugt und dem Auge transparent dargestellt werden. Je gleichmäßiger die Oscillationen erfolgen, desto reiner und bestimmter prägen sich diese Figuren aus; so zeigen sich z. B. die oben erwähnten Hyperbeln in eigenthümlicher Schärfe und Reinheit, wenn man an die beiden Zinken einer Stimmgabel feine Nadeln festbindet, die Stimmgabel in Schwingungen setzt und die Nadelspitzen in das Wasser taucht. Dem Lehrer der Physik wird das Interferenzoskop nicht nur beim Vortrage über die Gesetze der Wellenbewegung in Flüssigkeiten, sondern auch bei Gelegenheit der Optik, als Mittel zur Erläuterung und anschaulichen Darstellung der Interferenzphänomene, gute Dienste leisten.

Schließlich bemerke ich, daß Hr. Mechanikus Fritz dahier Interferenzoskope mit Uhrwerk und sorgfältig gearbeiteten polygonalen, kreisrunden, elliptischen, parabolischen u. s. w. Reflexionsflächen und zugehörigen schwingenden Spitzen zu dem Preise von 28 bis 30 Fl. und ohne Uhrwerk zu dem Preise von 18 bis 20 Fl. verfertigt.

Frankfurt a. M., den 6. October 1849.

**X. Beschreibung eines neuen Farbenwandlungsapparates, der dazu gehörigen Objecte und der damit anzustellenden zum Theil neuen Versuche;
von Professor Hessel in Marburg.**

Um die Versuche, durch welche die von mir nachgewiesenen¹⁾ Gesetze der Farbenwandlung anschaulich gemacht werden, bequemer anstellen zu können, habe ich den hier unten beschriebenen Apparat construirt, welchen ich hierdurch Denen, die sich für die Farbenwandlung interessiren, empfehlen will, da er nach den darüber vorliegenden Erfahrungen seinen Zwecken entspricht. Er hat mich zu einigen Versuchen geführt, die neu sind.

Der Apparat, Fig. 21 und 22. Taf. I.²⁾ besteht aus der ebenen Platte *T*, die als Beobachtungstischchen dient und um eine horizontale, ihrer Ebene parallel liegende, Axe gedreht werden kann; dieß Drehen geschieht mittelst des Griffes *G*, welcher in dem verticalen Pföstchen *S* des Stativs drehbar ist und an dessen vorderem Ende die Platte befestigt ist. Die Tischplatte *T* kann also unter jeder beliebigen Neigung gegen den Horizont gestellt werden. Sie ist in ihrer Mitte, senkrecht zu ihrer Ebene, durchbohrt, um eine röhrenförmige hölzerne Axe aufzunehmen, die an ihrem oberen Ende mittelst des Knopfes *A* gedreht werden kann. In das Röhrchen *A* werden die Beobachtungsobjecte eingesteckt. — *k* und *i* sind Keile zur Befestigung der Axen in ihren Lagern.

In Fig. 25. und 26. ist *h* eine Glastafel, in welcher, in der Mitte, sowohl nach der Länge, als nach der Breite, mit dem Diamant eine gerade Linie eingeritzt ist, so daß diese beiden Linien ein rechtwinkliches Kreuz bilden, und auf welcher mit Auflösung von schwarzem Siegelack, in der

1) S. Kastners Archiv für die gesammte Naturlehre Bd. 10, Heft 3, S. 273 ff.

2) Dem Hefte No. 1. dieses Bandes beigegeben.

Entfernung von etwa $\frac{3}{4}$ Zoll vom Durchschnittspunkt dieser beiden Linien, Punkte, die in der Peripherie eines Kreises liegen, angedeutet sind. Sie ist in einem Hölzchen *v* eingelassen und kann mittelst des runden Zäpfchens *w*, das in ein, bei *u* in Fig. 21. Taf. I. angebrachtes Loch gesteckt wird, parallel dem Beobachtungstischchen *T* befestigt werden.

Die Beobachtung geschieht am besten entweder so, daß der Beobachter der Sonne oder einer anderen Lichtquelle den Rücken zukehrt und das Licht über seine rechte (oder linke) Schulter her, in gleicher Höhe mit dem Auge, auf das Beobachtungsobject einfallen läßt; oder auch so, daß der auf das Object fallende Lichtstrahl mit dem vom Object in das Auge gelangenden Lichtstrahl in einer zum Horizont, also zum Fuß des Stativs, senkrechten Ebene befindet. In Fig. 27. stellt für diesen Fall *o* den Ort des Objects, *s* den darauf fallenden Strahl des Lichtes, *a* das Auge und *aos* diese zum Horizont, respective zum Fuß des Instrumentes, senkrechte Ebene vor. Arbeitet man nun beim Licht der Sonne, oder bei dem Lichte einer hellen Wolke, so muß der Körper des Beobachters seitlich von der Ebene *aos* sich befinden; arbeitet man aber des Nachts bei einer Lichtflamme, so ist das Licht, niedriger als das Auge, zwischen den Beobachter und das Object zu stellen und zwischen dem Licht und dem Beobachter ein Schirm anzubringen, über dessen oberen Rand hinweg das Auge auf das Object blickt, ohne die Lichtflamme selbst zu sehen.

Der ganze Apparat erhält vor einer Beobachtung stets eine seiner drei wichtigsten Stellungen.

1. Die Stellung I. ist jene, bei welcher, durch Drehung des Stativ um seine Axe, (das heißt um die Mittellinie, welche senkrecht ist zum Fusse des Stativs) und des Griffes *G*, um seine horizontale Axe, das Tischchen *T* so gestellt ist, daß, wenn seine Fläche spiegelte, sie das Licht der Sonne in das Auge des Beobachters senden würde, während zugleich der einfallende und der zurückgeworfene Strahl einen nicht allzugroßen Winkel bilden.

2. Die Stellung II. entsteht aus I. dadurch, daß man

das Stativ um seine verticale Axe um 90° dreht, und das Tischplättchen T , mittelst des Griffes G , in eine senkrechte Lage bringt, so, daß die Axe des Knopfes A eine horizontale Lage erhält.

3. Die Stellung III. ist jene, bei welcher der Sonnenstrahl senkrecht zur Ebene des Tisches T ist. — Die meisten der bei dem Apparat befindlichen Beobachtungsobjecte bestehen aus Labradorfeldspath, und nur um die allgemeinere Gültigkeit der durch den Apparat zu versinnlichenden Farbenwandelungsgesetze anzudeuten ist eins von farbenwandelndem Kalifeldspath aus Norwegen beigelegt. Sie sind zum Theil unmittelbar an hölzerne Stifte, zum Theil aber an Drähte gekittet, die in hölzernen Stiften stecken.

Um die Construction dieser Objecte erläutern zu können, dienen folgende Angaben über die in Betracht kommenden Spaltungsverhältnisse der genannten Mineralien.

Der *Labradorfeldspath* ist spaltbar parallel den Flächen eines unregelmäßigen Parallelepipeds Fig. 23. Taf. I., bei welchem die Neigung der Flächen

an der Kante $\alpha\gamma = 85\frac{1}{2}$ Grad

$\alpha\beta = 115$

$\alpha\delta = 119$

beträgt. Die deutlichste Spaltungsrichtung ist die parallel P , etwas minder deutlich ist die parallel der Fläche M , welche die Farbenwandlungsfläche ist, und am mindesten deutlich ist jene parallel der Fläche I .

Der *norwegische farbenwandelnde Kalifeldspath* ist spaltbar nach zweien Richtungen P und M , Fig. 24. Taf. I. fast gleich deutlich und nach der Richtung μ findet eine undeutliche Spaltbarkeit statt, die mehr das Resultat einer Art von schaliger Zusammensetzung ist (wie man sie bei andern Mineralien z. B. beim Schwerspath häufig findet), als das man sie mit den übrigen wesentlichen Spaltungsrichtungen vergleichen könnte. Diese Richtung μ ist es, der hier die Farbenwandlung entspricht. An dem Parallele-

piped, das von den Flächenpaaren $PM\mu$ begränzt werden kann, ist die Neigung

an der Kante $\alpha\gamma = 90^\circ$ Grad

$\alpha\delta = 101\frac{1}{2}$

und die Neigung der Kantenlinie $\alpha\gamma$ gegen die Fläche $\mu = 118\frac{1}{2}$ Grad ungefähr, ein Winkel, dessen Nebenwinkel $= 61\frac{1}{2}$ Grad, von 60° Grad nur um $1\frac{1}{2}$ Grad verschieden ist.

Beobachtungsobjecte und Versuche, die damit angestellt werden.

Object I. (Fig. I. Taf. I.)

Labradorfeldspath. Stift senkrecht zur Farbenwandlungsfläche M , versehen mit einem Zeiger (einem Federchen), das parallel der Kante der beiden deutlichsten Spaltungsrichtungen (die den Flächen M und P entsprechen) angebracht ist.

*Erster Versuch*¹⁾. Stellung I. des Instruments. Drehung des Knopfes A . Keine Farbenwandlung sichtbar. Der farbige Lichtstrahl geht also einen ganz anderen Weg, als den der gewöhnlichen Zurückwerfung.

Zweiter Versuch. Dreht man aber nun den Knopf A so, daß die, durch den Zeiger denkbare, zu T senkrechte, Ebene auch zur Horizontalebene senkrecht ist, so wird, wenn man nun den Griff G nach der einen Seite dreht, wohin das Federchen zeigt, bei hinreichendem Grade dieser Drehung, die Farbenwandlung auf der Fläche M sichtbar werden.

Dritter Versuch. Dreht man nun, nachdem der zweite Versuch beendigt worden ist, den Knopf A um 180° , so ist die Farbenwandlung verschwunden, obgleich die Farbenwandlungsfläche aus der Ebene, in der sie lag, nicht herausgetreten, sondern mit ihr in Congruenz geblieben ist. Es ist dies ein weiterer Beweis des Satzes, daß hier eine gewöhnliche Zurückwerfung des Lichtes nicht stattfindet.

1) Bei den Versuchen I bis 15 wird die Glastafel h , als unnöthig und die Beobachtung erschwerend, weggelassen; bei 16 und 17 findet sie ohnehin keine Anwendung.

Vierter Versuch. Dreht man jetzt den Griff *G* nach der Seite hin, nach welcher *nunmehr* das Federchen zeigt, so kommt, nach hinreichender Drehung, die Farbenwandlung abermals zum Vorschein, obgleich jetzt die Fläche *M* mit der Ebene, in der sie am Ende des Versuchs lag, einen Winkel von ungefähr 120° bildet, und der Zeiger nach der entgegengesetzten Weltgegend hin zeigt.

Object II. (Fig. II. Taf. I.)

Spaltungstück von Labradorfeldspath. Die Fläche *M*, sowohl als die Kante der beiden Hauptspaltungsrichtungen (*P* auf *M*) unter ungefähr 60° gegen die Axe des Stiftes geneigt; die *stumpfe* Kante, welche die obere Fläche *M* mit der, der dritten Durchgangsrichtung entsprechenden, Fläche *I* bildet liegt oben.

Fünfter Versuch. Stellung I. des Instruments. Drehung des Knopfes *A*. Die Farbenwandlung ist während der ganzen Umdrehung sichtbar, obgleich die Farbenwandlungsfläche *M*, während der Umdrehung, als berührende Ebene, an der Fläche eines Kegels sich bewegt, dessen Schnitt durch die Axe, an der Spitze einen Winkel von 120° hat.

Object III. (Fig. III. Taf. I.)

Zwei Spaltungsflächen von Labradorfeldspath, an einem, als gemeinsame Umdrehungsaxe dienenden, Stift befestigt so, daß zu jedem diese Axe des Stiftes eine solche Stellung hat, wie beim vorigen Object, und eine halbe Umdrehung um diese Axe jedes der zwei Spaltungsstücke in die Stelle und Stellung des andern versetzt, also die Farbenwandlungsfläche des einen, mit der des andern, einen Winkel von ungefähr 120° macht.

Sechster Versuch. Der Knopf *A* wird langsam umgedreht. Die Farbenwandlung ist auf beiden Labradorstücken während der ganzen Umdrehung sichtbar.

Object IV. (Fig. IV. Taf. I.)

Ein Spaltungsstück von Labradorfeldspath, der jene vielfach wiederholte Zwillingsbildung zeigt, gemäß welcher die

Farbenwandlungsfläche als eine vielfach parallel gestreifte erscheint, wobei nur die abwechselnden Streifen in gleicher Art liegen und gleichzeitig ihre Farbenwandlung zeigen, so an zwei Stifte gekittet, die ungefähr einen Winkel von 60° mit einander bilden, daß der eine Stift zu den Zwillingen-individuen der einen Stellung, und der andere zu jenem der anderen Stellung so gehört, wie bei Object II. beschrieben ist.

Siebenter Versuch. Wenn das Object mit dem einen Stift auf das Instrument, daß in Stellung I. sich befindet, aufgesteckt und dann der Knopf A gedreht wird, so zeigen, während der Drehung, die Streifen der einen Art die Farbenerscheinung; wird dagegen das Object mit dem andern Stift aufgesteckt, so ist die Farbenwandlung auf den, zwischen jenen gelegenen, Streifen der andern Art, während der ganzen Umdrehung von A sichtbar.

Object V. (Fig. V. Taf. I.)

Zwei Stücke einer Platte von Labradorfeldspath, die nicht genau parallel der Fläche M geschliffen ist. In Folge dieser Abweichung ist die Zusammenstellung der beiden Stücke an einem Stift nicht wie bei Object III., sondern so bewerkstelligt, daß die Neigung der beiden Farbenwandlungsflächen, die dort 120° betrug, hier nur 107° ¹⁾ ausmacht und daß die Kanten M auf P die bei Object III. mit den Schenkeln des Neigungswinkels der Flächen M beider Stücke parallel lagen, mit den Schenkeln des jetzigen Neigungswinkels in der Ebene der geschliffenen Farbenwandlungsfläche einen Winkel von fast 40° bilden.

Achter Versuch. Wie der Versuch mit Object III. Er zeigt entschieden, daß der Lichtstrahl in die Oberfläche eindringe, ehe er zurückgestrahlt wird, weil schiefes Anschleifen Ablenkung des farbigen Lichtstrahles von seinem, an Object I. und II. nachgewiesenen, gewöhnlichen Wege hervorbringt. — Zugleich ist ersichtlich, daß vermöge die-

1) Ein Winkel der, je nach der Lage der angeschliffenen Fläche zu den Durchgangsrichtungen, verschieden seyn kann.

ser, erst kürzlich von mir entdeckten, weiteren Eigenschaft, der Labradorfeldspath, der vom Juwelier, bei gehöriger Kenntniß der, von mir bereits früher aufgefundenen und beschriebenen, durch die hier aufgeführten Versuche deutlich erläuterten Gesetze der Farbenwandlung, sich zu schönen kegeln- oder pyramidenartigen Schmuckgebilden verwenden läßt, hierzu um so tauglicher ist, weil nun ein derartiges Gebilde nicht gerade stets Flächen haben muß, die unter ungefähr 60° gegen die Axe geneigt sind, sondern auch weil spitzigere pyramidenartige Zusammenstellungen sich anfertigen lassen, die den vollen Farbenschein auf ihrer ganzen Aufsenfläche darbieten. Die geschliffene Fläche darf, meinen bisherigen Erfahrungen zu Folge, nicht allzusehr vom Parallelismus mit der Farbenwandlungsfläche *M*, welcher die eine deutliche Spaltungsrichtung parallel liegt, abweichen, sondern nur $0-10$ Grad etwa, nach irgend einer Richtung hin. Durch die Art und Gröfse dieser Abweichung wird bedingt:

1. die Gröfse der Neigung der Fläche eines darzustellenden pyramidalen Theiles eines Schmuckes gegen die Axe der Pyramide und 2. die Gröfse der Drehung, welche das einzelne Labradorplättchen, beim Zusammensetzen zu einer Pyramide um eine, zur Ebene des Plättchens senkrechte Linie erleiden muß, ehe es festgesetzt werden darf, was in jedem einzelnen Falle durch Erfahrung leicht auszumitteln ist, wenn man die von mir beschriebenen Gesetze der Farbenwandlung überhaupt kennt. — Gut ist es, die zu einer pyramidalen Zusammenstellung zu verwendenden Labradorplättchen aus einer bereits vorgeschliffenen, auf ihrer Hauptfläche farbenwandelnden Platte zu schneiden, weil dann die Zusammenfügung um so leichter wird.

Object VI. (Fig. VI. Taf. I.)

Spaltungsstück von Labradorfeldspath, an welchem die beiden parallelen Farbenwandlungsflächen *M* durch Spaltung entwickelt sind. Dasselbe ist an ein Paar zueinander senkrechten Stifte (einen rechtwinklich gebogenen Draht)

so gekittet, daß der eine α parallel den Flächen M und senkrecht zur Kante P auf M ist, während der andere β parallel der Kante P auf M liegt; letzterer ist mit einem Zeiger¹⁾ (einem Federchen) versehen, welcher senkrecht zu der Fläche M ist. Die Objecte I. und VI. lassen sich auch zweckmäßig verbinden in ein einziges, mit drei zu einander senkrechten Stiften.

Neunter Versuch. Stellung II. des Instruments. Wird der Stift α , welcher keinen Zeiger hat, in A eingesteckt, so bringt hinreichende Drehung des Knopfes A die eine, und weitere Drehung um 180° die andere Fläche M zum Farbenwandeln.

Zehnter Versuch. Stellung I. des Instruments. Wird der Stift β in A eingesteckt, dann A gedreht bis sein Zeiger aufwärts zeigt, und die Ebene, durch den Stift β und durch seinen Zeiger, senkrecht ist zur Axe des Griffes G , und dann der Griff nach der Richtung hingedreht, nach welcher der Zeiger deutet, und diese Drehung so weit fortgesetzt, bis die Farbenwandlung auf einer der Flächen M sichtbar wird, und man dreht jetzt den Knopf A um 180° , so zeigt die, hierdurch an die Stelle jener ersten M Fläche gekommene, zweite M Fläche ihre Farbenwandlung nicht.

Elfter Versuch. Dreht man aber, nachdem der zehnte Versuch beendigt ist, den Griff G nach der Richtung hin, welche dem Zeiger des Stifts β entgegengesetzt ist, um ungefähr 60 Grad, so wird die Farbenwandlung auf dieser zweiten M Fläche sichtbar.

Object VII. (Fig. VII. Taf. I.)

Spaltungsstück von Labradorfeldspath, welcher jene andere Art der vielfach wiederholten Zwillingbildung wahrnehmen läßt, bei welcher die nicht farbenwandelnden Spaltungsflächen, parallel der Kante P auf M , gestreift erscheinen und bei welchem insbesondere diese Streifen sehr dicht und fein, also die ihnen entsprechenden lamellenartigen In-

1) Er ist bei β in Fig. VI. durch einen Punkt angedeutet, der in dem Bilde des Holzstiftes β sichtbar ist.

dividuen beider entgegengesetzten Stellungen sehr dünn sind, Licht durch sich dringen lassen. Die Befestigung auf dem Stifte ist wie bei Object I. Der Zeiger, ein Drähtchen, parallel der Kante *P* auf *M*, zeigt nach *beiden* entgegengesetzten Richtungen, aber zur Unterscheidung ist das eine Ende in ein ringförmiges Ohr gebogen.

Zwölfter Versuch. Er wird wie der zweite Versuch durch den Versuch No. I. (der auch hier dasselbe Resultat giebt, wie mit Object I.) vorbereitet; ist aber die Ebene durch die Axe des Stiftes und durch den Zeiger, senkrecht zur Axe des Griffes *G*, also senkrecht zur Horizontalebene, so bringt Drehung des Griffes *G*, und zwar sowohl die in der Richtung des einen, als die in der Richtung des anderen Endes des Zeigers, wenn sie, vom ursprünglichen mittleren Stand an gemessen, ungefähr 30 Grad beträgt, die dem Auge zugekehrte Fläche *M* zum Farbenwandeln, das eine Mal schöner und stärker als das andere Mal; jenes als Folge der in dem ersten (obersten) lamellenartigen Individuum stattfindenden Einwirkung auf das Licht, letzteres, gemäß der Wirkung, die das zweite, lamellenartige Individuum auf das Licht äufsert, welche nur, vermöge der dünnen Beschaffenheit und daher rührenden Durchsichtigkeit des obersten Individuums und daher minder deutlich wahrgenommen wird.

Dreizehnter Versuch. Verfährt man mit Object VII. so, wie im dritten Versuch mit Object I. geschah, d. h. dreht man, nachdem die Fläche *M* im vorhergehenden Versuch durch die (*vorwärts* oder *rückwärts*) bewirkte Drehung des Griffes *G* zum deutlichen Farbenwandeln gebracht ist, jetzt den Knopf *A* um 90° , so ist die Farbenwandlung verschwunden; setzt man aber diese Drehung um weitere 90° fort (so dafs also jetzt 180° zurückgelegt sind), so zeigt sich abermals die Farbenwandlung auf *M*, und zwar in Folge der Wirkung des zweiten lamellenartigen Individuums auf das Licht und vermöge der Durchsichtigkeit des ersten (obersten) und daher minder lebhaft. —

Vierzehnter Versuch. Ist der dreizehnte Versuch been-

digst und man dreht den Griff *G* nach der Richtung hin, welche man wählen muß, um die Fläche *M* zum gewöhnlichen Zurückwerfen des Lichtes zu bringen, so wird nach 30 Grad dieser Drehung das gewöhnliche Zurückwerfen (ein schwaches Glänzen) stattfinden, jedoch keine Farbenwandlung sichtbar seyn, aber nach Fortsetzung derselben Drehung, um weitere 30 Grad, wird Farbenwandlung wieder eintreten und nun der vorige Versuch wiederholt werden können.

Man ersieht hieraus, das Exemplare, wie sie das Object VII. darbietet, zur Construction von Objecten, wie No. I. und VII., nicht angewendet werden dürfen, wenn man damit die betreffenden Beobachtungen, so wie sie oben angegeben worden sind, machen will. So würde man mit einem derartigen Exemplar im neunten Versuch, bei einer ganzen Umdrehung, viermal Farbenwandlung beobachten, statt zweimal; im zehnten Versuch würden, durch die Umdrehung des Knopfes *A*, beide Flächen *M* zum Farbenwandeln gebracht werden, (die eine etwas schwächer als die andere) statt dafs dort nur eine die Farbenwandlung wahrnehmen liefs.

Object VIII. (Fig. VIII. Taf. I.)

Spaltungsstück von farbenwandelnden Kalifeldspath aus Norwegen, so an dem Stifte befestigt, dafs die undeutliche Spaltungsfläche, welcher hier die Farbenwandlung zusteht, unter 60° gegen die Axe des Stiftes geneigt ist, während zugleich die Kante *M* auf *P* (Haüy's) fast der Axe des Stiftes parallel ist.

Fünfzehnter Versuch. Stellung I. des Apparates. Die Farbenerscheinung auf μ ist während einer ganzen Umdrehung des Knopfes *A* sichtbar, ungeachtet die Fläche μ hierbei an der Oberfläche eines Kegels sich herumdreht, dessen Schnitt durch die Axe an der Spitze einen Winkel von 120° hat. Es dient dieses Object VIII., um an einem Beispiel zu zeigen, dafs die Gesetze der Farbenwandlung nicht blofs beim Labradorfeldspath gelten. In meiner Abhand-

lung über Farbenwandlung, in Kastner's Archiv für die ges. Naturl. Bd. 10. Heft. 3. S. 273. ff. ist ihre allgemeinere Gültigkeit nachgewiesen. Sehr schön zeigt sie sich unter andern beim Hypersthen, der auch unter dem Namen Paulit (labradorische Hornblende) bekannt ist; mit ihm habe ich in neuerer Zeit eine Reihe von Versuchen angestellt, die den hier beschriebenen Versuchen entsprechen und im Wesentlichen dieselben Resultate gegeben haben.

Sechzehnter Versuch. Zu dem Apparat gehört ferner ein Brettchen, mit parallelen zur Ebene des Brettchens senkrechten Löchern, zur Aufnahme der Stifte der Objecte, um sie bequem aufbewahren zu können. Hält man dieses, mit den Objecten I., II., III., IV., V., und VIII. besetzte Brettchen so, daß wenn seine Löcherfläche spiegelte, sie das Licht der Sonne in das Auge senden würde, so sieht man auf den Objecten II., III., IV., V. und VIII. gleichzeitig die Farbenwandlung, gleichviel wie die Stifte eingesteckt wurden ¹⁾, beim Object I. aber nicht; dagegen wird I. spiegeln (schwach glänzen).

Siebzehnter Versuch. Neigt man nun das Brettchen nach der Richtung hin, nach welcher zufällig der Zeiger zeigt, welcher an Object I. befindlich ist, so ist, bei hinreichender solcher Neigung, die Farbenwandlung auf Object I. sichtbar, dagegen auf allen anderen Objecten nicht beobachtbar. Bei Anwendung von Kerzenlicht ist der sechzehnte Versuch wegen den divergirenden Lichtstrahlen nur unvollständig ausführbar.

Ueberhaupt ist bei allen diesen Versuchen das Sonnenlicht, oder das Licht heller Wolken dem Kerzenlicht vorzuziehen.

Achtzehnter Versuch. Wird in A das Object II. eingesteckt und in μ die Glastafel h befestigt, so daß sie etwa 1 Zoll vom oberen Ende des Objectes entfernt und parallel T ist, und stellt man nun den Apparat in die Stellung

1) Die Objecte zeigen zufällig verschiedene Farben, der Versuch fällt daher um so mehr gut ins Auge.

III., so daß der Sonnenstrahl senkrecht zu T , parallel dem Stifte des Objectes ist, mithin dieser keinen einseitigen Schatten wirft und sorgt man dafür, daß der Mittelpunkt unseres Kreises auf h gleichfalls genau in der Axe des Stiftes des Objectes liegt (was man daran erkennt, daß der schwache Schatten des Kreuzes h auf die Mitte des Stiftes des Objectes fällt), so kann das Auge des Beobachters, innerhalb des Kegels, in dessen Seitenfläche die geraden Linien liegen, die vom Object aus durch die Punkte des Kreises in h gezogen werden können, jede beliebige Stelle einnehmen und wird doch den Farbenschein auf dem Object wahrnehmen, vorausgesetzt, daß nicht der Sonnenstrahl verhindert wird, das Object zu treffen. Geht das Auge über die Gränze dieses Kegels hinaus, so wird die Erscheinung schwächer und verliert sich, wenn das Auge noch weiter seitwärts geht, schnell gänzlich. Es dient dieser Versuch dazu, eine ungefähre Vorstellung von der GröÙe des Kegels, den die farbigen Lichtstrahlen hierbei bilden zu gewähren.

Kerzenlicht ist bei dem achtzehnten Versuch gleichfalls nicht wohl anwendbar.

Nach meinen bisherigen Beobachtungen kommt Farbenwandlung nur bei Substanzen vor, die *mehrere* ziemlich deutliche Durchgänge haben, und es ist mir wahrscheinlich, daß die Farbenwandlung daher rühre, daß das Licht, nachdem es durch die Oberfläche des Minerals bis auf *geringe* Tiefe eingedrungen ist, in Folge *zweimaliger* oder mehrmaliger Spiegelung auf *inneren Durchgangsebenen*, (in deren Richtung die Masse, den Anfang einer Trennung, die aber noch weit von ihrer gänzlichen Vollendung entfernt ist, erlitten hat) wieder zum Austritt aus der Mineralsubstanz veranlaßt wird, wobei es, beim Eintritt sowohl als beim Austritt, die gewöhnliche Brechung erleidet und meist durch dieselbe Fläche austritt, durch welche es eingetreten war, so, daß deshalb dieser *ungewöhnlich-reflectirte* (farbige) Lichtstrahl jene oben näher angegebenen Wege durchläuft,

die von denen des *gewöhnlichen reflectirten* Lichtstrahles, der natürlich neben ihm vorkommt, ebenso auffallend verschieden sind wie, bei der doppelten Strahlenbrechung, der Weg des *ungewöhnlich gebrochenen* Lichtstrahles von dem Wege des *gewöhnlich gebrochenen* Lichtstrahles. — Mein Hauptzweck bei obigen Versuchen ist nicht sowohl der, die Erscheinung zu erklären, als vielmehr der, die Erscheinung gehörig festzustellen, welche zu erklären ist.

XI. Ueber Brookit-Krystalle vom Ural;

von N. v. Kokscharow,

Stabskapitain des Berg - Ingenieur - Corps.

Der Brookit wurde in Rußland am Ende des vergangenen Jahres (1848) vom Hrn. Lieutenant v. Romanowsky entdeckt, welcher kleine, durchsichtige, im goldhaltigen Sandlager der Atlianskischen Grube (unweit Miask) vorkommende Krystalle ¹⁾ erkannte, die aber bisher von den dortigen Bewohnern für krystallisirten Rutil gehalten wurden. Hr. v. Romanowsky war so gut mir zur Bestimmung der Krystallform, 25 solcher Krystalle zu senden.

Da selbige Krystalle, ungeachtet ihrer geringen Gröfse, an einem Ende vollkommen ausgebildet waren und glänzende Flächen besaßen, so war es mir nicht schwer, zu der Ueberzeugung zu gelangen, dafs dieselben wirkliche Brookit-Krystalle sind.

Der Brookit vom Uralgebirge ist interessant in mancher Hinsicht. Seinem Aeußeren nach (d. h. wenn man seine Krystallform nicht beachtet) hat er gar keine Aehnlichkeit mit dem Brookit aus Dauphinée und anderen Fundörtern; im Gegentheil, durch das säulenartige Ansehen seiner Krystalle, deren Farbe u. s. w., zeigt er eine grofse Aehn-

1) Russisches Bergjournal, 1849. No. 2. S. 273.

lichkeit mit dem Rutil aus einigen Fundörtern, wie z. B. vom St. Gotthard ¹⁾).

Die Krystalle, welche ich von Hrn. v. Romanowsky erhielt, sind ungefähr $2\frac{1}{2}$ Millimeter lang und $1\frac{1}{2}$ Millimeter im grössten Durchmesser. Sie haben eine lebhaft hyazinthrothe Farbe, einen Diamantglanz und eine vollkommene Durchsichtigkeit. — Die Theilbarkeit konnte ich nicht unterscheiden. Wahrscheinlich wird man mit der Zeit Brookitkrystalle von bedeutender Grösse im Uralgebirge auffinden, denn unter mehreren Bruchstücken Uralischer Mineralien, die ich kürzlich erhielt, fand ich eine Hälfte von einem grossen Brookit-Krystall, von 8 Millim. Höhe, 9 Millim. im grössten Durchmesser, also besafs der ganze Krystall 18 Millim. im Durchmesser, und bis $3\frac{1}{2}$ Millim. Dicke. Sein Grundrifs ist Fig. 33. Taf. I. Der Fundort dieses Krystalles ist mir unbekannt, doch sein abgesonderter Zustand und seine etwas abgeriebene Oberfläche deuten darauf, dafs er sich in einem der goldhaltigen Sandlager des Uralgebirges befand. An seiner Oberfläche ist er verändert, zeigt einen metallischen Glanz und eine eisen-schwarze Farbe. Wenn man ihn aber beim Lichtscheine betrachtet, so zeigt sich im Durchscheine eine hyazinthrothe Farbe. Seine Flächen *g* sind stark gestreift, daher auch nicht glänzend; die übrigen Flächen aber sind glänzend, obgleich auf *P* einige Streifen vorkommen, die der macrodiagonalen Axe parallel sind.

In den Krystallen des Uralischen Brookits erscheint das rhombische System (Ein-und-einaxiges System, Weiss, G. Rose; Orthotypes System, Mohs) in seiner vollsten

- 1) Ich halte es für Pflicht, hierbei Hrn. Dr. v. Rauch meinen innigsten Dank auszusprechen, da derselbe mir mehrere Exemplare aus seiner ausgezeichneten Mineraliensammlung, zur Untersuchung überliefs; namentlich einen schönen Rutil-Krystall von Brasilien und einige deutliche Krystalle vom St. Gotthard, die leicht zu messen waren. Ueberrascht durch die Aehnlichkeit des Uralischen Brookits mit den Rutil-Krystallen des letzterwähnten Fundortes, war es mir um so angenehmer, durch eigene Messungen zu der Ueberzeugung zu gelangen, dafs die Krystalle vom St. Gotthard nichts gemeinschaftliches mit unserem Uralischen Brookit haben.

Ausbildung. Der größte Theil der Formen, welche an den Brookit-Krystallen von Dauphinée, Snowdon u. s. w. bemerkt worden sind, finden sich auch in den Uralischen Krystallen; außerdem aber ergänzen diese letzteren das Krystallisationssystem des Brookits noch durch mehrere andere, bisher unbekannte Formen. Nur einige wenige von diesen Krystallen sind tafelförmig, die meisten aber haben ein säulenartiges Ansehen, welches von der mehrfachen Ausbildung der verticalen rhombischen Prismen herührt. Die Flächen des rhombischen Prisma *M*, prädominiren beinahe in allen Krystallen, weshalb es mir sehr natürlich schien, dieses Prisma als Hauptprisma, und eins der rhombischen Octaëder, dessen Flächen die des Prisma *M* in horizontalen Kanten durchschneiden, als Hauptoctaëder anzunehmen. Deshalb habe ich das rhombische Octaëder, welches in den Figuren durch *o* bezeichnet ist, und öfter als die anderen vorkommt, als Hauptform angesehen. Da die Krystallflächen sehr glänzend waren, so konnte man die Kantenwinkel ziemlich gut mit dem Reflexionsgoniometer messen. Obgleich meine Messungen mit denen des Hrn. Levy nicht vollkommen übereinstimmen, die berechneten Winkel aber mit den unmittelbar gemessenen ziemlich nahe übereinstimmen, so finde ich es nicht überflüssig die Resultate meiner Messungen hieselbst wie folgt bekannt zu machen:

M:M=99° 50' 0"	e:e=135° 37' 5"
— 50' 0"	— 37' 0"
— 50' 10"	— 36' 52"
— 50' 0"	— 37' 47"
— 50' 0"	— 36' 20"
Mittel = 99° 50' 2".	— 37' 0"
	— 38' 0"
M:M=80° 10' 0"	— 37' 40"
— 10' 15"	— 37' 10"
— 10' 0"	Mittel = 135° 37' 12".
— 10' 15"	
— 10' 0"	
Mittel = 80° 10' 6".	

$e:h=112^{\circ} 11' 36''$	$e:M=134^{\circ} 17' 52''$
— $11' 0''$	— $19' 8''$
— $11' 25''$	— $17' 50''$
— $10' 56''$	— $18' 42''$
— $10' 57''$	— $18' 58''$
Mittel $= 112^{\circ} 11' 11''$	— $18' 20''$
	Mittel $= 134^{\circ} 18' 28''$

Jede von den oben angeführten Zahlen wurde bei einer besonderen Einstellung des Krystalles am Goniometer erhalten, und stellt eine mittlere Zahl von 6 unmittelbar aufeinander folgenden Drehungen des Instrumentenkreises dar.

Als Facta habe ich für meine Berechnungen Folgendes angenommen:

$$M:M = \begin{cases} 90^{\circ} 50' 0'' \\ 80^{\circ} 10' 0'' \end{cases}$$

$$e:e = 135^{\circ} 37' 0''$$

Wenn man in einem rhombischen Octaëder o , welches als Hauptoctaëder angenommen ist, die Vertical-Axe durch a , die Macrodiagonal-Axe durch b , und die Brachydiagonal-Axe durch c bezeichnet, so berechnet man für dieses Octaëder:

$$a:b:c = 1:1,05889:0,89114.$$

Und alsdann erhalten die von mir in dem Uralischen Brookit beobachteten Formen folgende krystallographische Zeichen:

Rhombische Octaëder.

Nach Weiss.	Nach Naumann.
$o = (a:b:c)$	P
$r = (2a:b:c)$	$2P$
$z = (\frac{1}{2}a:b:c)$	$\frac{1}{2}P$
$e = (a:b:2c)$	$P2$
$u = (a:\frac{1}{2}b:\frac{2}{3}c)$	$2P\frac{3}{2}$
$n = (a:\frac{1}{2}b:c)$	$2P2$
$m = (a:\frac{1}{3}b:\frac{2}{3}c)$	$5P\frac{10}{3}$
$s = (a:b:\frac{2}{3}c)$	$\frac{3}{2}P\frac{3}{2}$

solche vor, in deren Zusammensetzung die Flächen des rhombischen Octaëders u (welche schmale Abstumpfungen der Kanten, zwischen n und r bilden) und die Flächen des rhombischen Prisma p eintreten. Wenn man die gewöhnlich stark mit Streifen bedeckten Flächen des Prisma g , die schwach glänzenden Flächen l und p , und die matte Fläche d ausschließt, so sind alle andere Flächen sehr glänzend. Selbst die Fläche h erscheint spiegelartig, indem dieselbe im Brookit aus anderen Fundorten immer gestreift ist.

Jeder von den 25 Krystallen, welche ich zu meiner Disposition besitze, besteht aus zwei Individuen, welche der Fläche h parallel mit einander verwachsen sind. Es geschieht öfters, daß die verticalen Axen der beiden Individuen, mit einander völlig zusammenfallen, dann fallen die einspringenden Winkel fort und dann kann man das regelmäßige Zusammenwachsen beider Individuen nur durch einzelne der macrodiagonalen Axe parallel laufende Streifen, an der Fläche P erkennen. Ich denke demnach, daß man den größten Theil der Uralischen Brookit-Krystalle für solche Zwillingskrystalle halten muß, deren gemeinschaftliche Verwachsungsfläche $h = (\infty a : \infty b : c)$ ist. Die Formen: o , r , u , s , m , n , t , l , g und p wurden, so viel mir bekannt ist, bis jetzt noch nie an den Brookit-Krystallen bemerkt.

Bezeichnet man in jeder rhombischen Pyramide:
 die macrodiagonalen Polkanten mit X ,
 die brachydiagonalen Polkanten mit Y ,
 die Mittelkanten mit Z ,
 die Neigung der Kanten X zur Hauptaxe mit α ,
 die Neigung der Kanten Y zur Hauptaxe mit β ,
 die Neigung der Kanten Z zur macrodiagonalen Axe mit γ , so erhält man für das:

Octaëder $o = (a : b : c)$.

$$X = 101^\circ 34' 54''$$

$$Y = 115^\circ 43' 2''$$

$$Z = 111^\circ 25' 34''$$

$$\alpha = 46^\circ 38' 18''$$

$$\beta = 41^\circ 42' 20''$$

$$\gamma = 40^\circ 5' 0''$$

Octaëder $r = (2a : b : c)$.

$$X = 87^\circ 11' 52''$$

$$Y = 104^\circ 53' 56''$$

$$Z = 142^\circ 21' 2''$$

$$\alpha = 27^\circ 53' 55''$$

$$\beta = 24^\circ 0' 59''$$

$$\gamma = 40^\circ 5' 0''$$

Octaëder $z = (\frac{1}{2}a : b : c)$. Octaëder $e = (a : b : 2c)$.

$X = 126^{\circ} 11' 50''$	$X = 135^{\circ} 37' 0''$
$Y = 135 14 10$	$Y = 101 3 0$
$Z = 72 30 28$	$Z = 95 22 26$
$\alpha = 64 43 25$	$\alpha = 46 38 18$
$\beta = 60 42 15$	$\beta = 60 42 15$
$\gamma = 40 5 0$	$\gamma = 59 17 5$

Octaëder $u = (a : \frac{1}{2}b : \frac{2}{3}c)$. Octaëder $n = (a : \frac{1}{2}b : c)$.

$X = 94^{\circ} 50' 30''$	$X = 124^{\circ} 35' 42''$
$Y = 98 48 6$	$Y = 77 1 30$
$Z = 139 41 32$	$Z = 131 3 10$
$\alpha = 27 53 55$	$\alpha = 27 53 55$
$\beta = 26 59 10$	$\beta = 41 42 20$
$\gamma = 43 53 5$	$\gamma = 59 17 5$

Octaëder $m = (a : \frac{1}{3}b : \frac{2}{3}c)$. Octaëder $s = (a : b : \frac{2}{3}c)$.

$X = 141^{\circ} 32' 56''$	$X = 78^{\circ} 30' 26''$
$Y = 45 2 28$	$Y = 128 29 56$
$Z = 157 26 14$	$Z = 125 13 16$
$\alpha = 11 57 26$	$\alpha = 46 38 18$
$\beta = 30 42 51$	$\beta = 30 42 51$
$\gamma = 70 22 49$	$\gamma = 29 17 41$

Brachydoma $d = (a : \frac{2}{3}b : \infty c)$. Brachydoma $t = (a : \frac{1}{2}b : \infty c)$.

$Y = 76^{\circ} 54' 38''$	$Y = 55^{\circ} 47' 50''$
$Z = 104 5 22$	$Z = 124 12 10$

Macrodoma $y = (\frac{1}{4}a : \infty b : c)$. Macrodoma $x = (\frac{1}{2}a : \infty b : c)$.

$X = 148^{\circ} 39' 30''$	$X = 121^{\circ} 24' 30''$
$Z = 31 20 30$	$Z = 58 35 30$

Hauptprisma $M = (\infty a : b : c)$. Macroprisma $l = (\infty a : 2b : c)$.

$X = 80^{\circ} 10' 0''$	$X = 45^{\circ} 38' 30''$
$Y = 99^{\circ} 50' 0$	$Y = 134 21 30$

Macroprisma $g = (\infty a : \frac{2}{3}b : c) = (\infty a : 5\frac{1}{3}b : c)$.

$X = 16^{\circ} 39' 12''$	
$Y = 163 20 48$	

Macroprisma $p = (\infty a : \frac{1}{2} b : c) = \infty a : 5\frac{1}{2} b : c$.

$X = 17^\circ 23' 58''$

$Y = 162 \ 36 \ 2$.

Ferner sind die wichtigsten Kantenwinkel berechnet:

$o : c = 122^\circ 8\frac{1}{2}'$ $z : M = 126^\circ 15\frac{1}{2}'$

$o : h = 129 \ 12\frac{1}{2}$ $m : n = 163 \ 7\frac{1}{2}$

$o : M = 145 \ 42\frac{3}{4}$ $m : t = 155 \ 13\frac{1}{4}$

$o : e = 162 \ 59$ $m : h = 109 \ 13\frac{1}{2}$

$o : z = 160 \ 32\frac{1}{2}$ $m : c = 157 \ 28\frac{3}{4}$

$o : r = 164 \ 32\frac{1}{4}$ $m : P = 101 \ 17$

$o : s = 168 \ 27\frac{3}{4}$ $m : s = 138 \ 16\frac{1}{4}$

$o : x = 143 \ 11\frac{1}{4}$ $m : M = 147 \ 51\frac{1}{2}$

$o : y = 135 \ 29\frac{1}{2}$ $m : m = 141 \ 33$

$o : m = 144 \ 4\frac{1}{2}$ $n : r = 161 \ 18$

$o : n = 160 \ 39\frac{1}{4}$ $n : P = 114 \ 28\frac{1}{2}$

$o : P = 124 \ 17\frac{1}{4}$ $n : h = 117 \ 42\frac{1}{4}$

$o : o = 101 \ 35$ $n : c = 141 \ 29\frac{1}{4}$

$o : o = 115 \ 43$ $n : u = 165 \ 7\frac{1}{2}$

$e : e = 135 \ 37$ $r : h = 136 \ 24$

$e : e = 101 \ 3$ $r : P = 108 \ 49\frac{1}{2}$

$e : x = 140 \ 31\frac{1}{2}$ $r : c = 127 \ 33$

$e : c = 129 \ 28\frac{1}{2}$ $r : r = 104 \ 54$

$e : h = 112 \ 11\frac{1}{2}$ $r : u = 176 \ 10\frac{3}{4}$

$e : M = 134 \ 17\frac{3}{4}$ $r : M = 161 \ 10\frac{1}{2}$

$e : z = 162 \ 54\frac{1}{2}$ $s : h = 140 \ 44\frac{3}{4}$

$e : y = 138 \ 36\frac{1}{4}$ $s : c = 115 \ 45$

$e : t = 151 \ 15\frac{3}{4}$ $s : P = 117 \ 23\frac{1}{4}$

$e : P = 132 \ 18\frac{3}{4}$ $x : x = 121 \ 24\frac{1}{2}$

$e : m = 147 \ 29\frac{1}{2}$ $x : y = 166 \ 22\frac{1}{2}$

$e : n = 162 \ 9\frac{3}{4}$ $h : x = 119 \ 17\frac{3}{4}$

$e : r = 151 \ 25\frac{1}{2}$ $h : y = 105 \ 40\frac{1}{4}$

$e : s = 151 \ 26\frac{3}{4}$ $h : l = 157 \ 10\frac{1}{4}$

$z : h = 116 \ 54$ $h : g = 171 \ 40\frac{1}{2}$

$z : x = 157 \ 37$ $h : M = 139 \ 55$

$z : P = 143 \ 44\frac{3}{4}$ $c : t = 152 \ 6$

$z : c = 112 \ 23$ $c : d = 141 \ 32\frac{3}{4}$

c : M = 130° 5'	P : h = 90° 0'
c : l = 112 49 $\frac{1}{4}$	P : d = 128 27 $\frac{1}{4}$
c : g = 98 19 $\frac{1}{2}$	M : M = $\left\{ \begin{array}{l} 99 \ 50 \\ 80 \ 10 \end{array} \right.$
t : r = 133 36	M : l = 162 44 $\frac{1}{4}$
t : n = 152 17 $\frac{3}{4}$	M : g = 148 14 $\frac{1}{2}$
t : u = 137 25 $\frac{1}{4}$	M : t = 124 41
t : d = 169 26 $\frac{1}{2}$	M : p = 148 37
P : t = 117 54	g : l = 165 30 $\frac{1}{4}$
P : x = 150 42 $\frac{1}{2}$	
P : y = 164 19 $\frac{3}{4}$	

Nachtrag des Verfassers.

Hr. Hermann hat im *Journal für practische Chemie von Erdmann und Marchand*, XLVI. S. 401, 1849. schon einige Notizen über die Krystallform des Brookits veröffentlicht. Obgleich meine Abhandlung, von der Kaiserlichen Mineralogischen Gesellschaft in St. Petersburg als besondere *Broschüre* herausgegeben, einen Monat später als der oben erwähnte Aufsatz des Hrn. Hermann erschien, so habe ich mich dennoch viel früher als dieser Gelehrte mit der Untersuchung der Brookit-Krystalle vom Ural beschäftigt. — Ich erhielt die Krystalle im August 1848 von Hrn. v. Romanowsky mit der folgenden Zusage:

„Miask, den 25. Juli 1848“.

„Ich bitte Sie ergebenst mir die Zeichnung eines Brookit-Krystalls (?) zu schicken; ich schicke Ihnen so ziemlich viele davon. Die Erscheinungen derselben vor dem Löthrohre und das specifische Gewicht habe ich bestimmt; überhaupt ist der Aufsatz beendet und es bleibt mir nur noch übrig zu erfahren, ob die Krystalle zum rhombischen System gehören? Das ist alles was ich nöthig habe genau zu erfahren“. —

Die Flächen der mir zugeschickten Krystalle waren sehr glänzend und überhaupt die Krystalle so vollkommen, daß schon einige Messungen hinreichten, um dieselben für Brookit-Krystalle anzusehen, wovon ich denn auch sogleich

Hrn. v. Romanowsky benachrichtete. — Um diese Zeit befand sich Hr. Hermann in Petersburg, und ich setzte ihn, als einen Freund der Mineralogie, von der Entdeckung des Hr. v. Romanowsky in Kenntniß, zeigte ihm die Krystalle, den Brief des Hr. v. Romanowsky und theilte ihm meine Meinung über die Natur der Krystalle mit. Dagegen, daß Hr. Hermann, als er nach Moskau zurückkehrte, sich mit demselben Gegenstande zu beschäftigen anfang, mit welchem er mich in Petersburg beschäftigt antraf, kann ich freilich nichts einwenden, nur bleibt mir der Wunsch, daß meine Mühe der Wissenschaft von Nutzen seyn möchte.

Da ich 16 kleine, ziemlich vollkommene Krystalle des Brookits aus den goldhaltigen Sandlagern von Atliansk am Ural, welche zusammen gegen 0,32 Grm. wogen, und noch einen ziemlich großen Krystall von unbestimmtem Fundort am Ural (Fig. 33. in meiner Abhandlung), welcher 0,72 Grm. wog, besaß, so bestimmte ich das specifische Gewicht desselben¹⁾ und fand es 4,16.

Hr. Frödmann, an den ich mich mit der Bitte wandte, das specifische Gewicht meiner kleinen Brookit-Krystalle zu bestimmen, erhielt: 4,22. Hr. v. Beck, dem einige Brookit-Krystalle von demselben Fundorte aus der Kaiserl. Mineralogischen Gesellschaft in St. Petersburg zur Untersuchung mitgetheilt waren, fand das specifische Gewicht desselben = 4,20. Hr. v. Romanowsky giebt für einen großen Brookit-Krystall vom Ural das specifische Gewicht = 4,216. Hieraus folgt denn, daß das specifische Gewicht des Brookits vom Ural gleich dem specifischen Gewichte des Brookits aus Wales ist. Wie bekannt ist das specifische Gewicht des Brookits aus Wales, nach den Untersuchungen des Hr. Professor Heinrich Rose = 4,12 bis 4,16.

1) Diefß ist von um so größerem Interesse, als Hr. Hermann das specifische Gewicht des Uralischen Brookits in seiner eben citirten Abhandlung so bedeutend niedriger, nämlich zu 3,81 angegeben hatte, wonach es mit dem des Anatas gänzlich überein gekommen wäre. P.

Zweiter Nachtrag.

Die in der Mittheilung des Hrn. Kokscharow für die Flächen u , p , g angenommenen Formeln ($a : \frac{1}{2}b : \frac{2}{3}c$), ($\infty a : 5\frac{1}{2}b : c$) und ($\infty a : 5\frac{3}{4}b : c$) sind zu complicirt, um wahrscheinlich zu seyn. Da Hr. Kokscharow die Güte gehabt hatte, mir einen der von ihm beschriebenen Krystalle zu schicken, und sich an diesem die Zuschärfungsflächen der stumpfen Seitenkanten des rhombischen Prisma M befanden, so bewog mich dieß sie zu messen; die Flächen waren, wie in der Abhandlung erwähnt ist, zart vertical gestreift, und ihre Winkel daher nicht mit voller Schärfe, dennoch aber annähernd zu messen. Ich fand die Neigung von M zum benachbarten $g = 148^\circ 15' - 22'$, von M zu dem jenseits der Querfläche h liegenden $g = 131^\circ 30'$. Geht man von dem von Hrn. Kokscharow für das rhombische Prisma $M = (\infty a : b : c)$ (b und c in demselben Sinne genommen, wie er) gefundenen Werth aus, und nimmt man für g den Ausdruck ($\infty a : 8b : c$) an, so bestimmen sich jene Winkel zu $148^\circ 22'$ und $131^\circ 28'$, daher wohl dieser gefundene einfache Werth der richtige seyn möchte. Der Winkel der stumpfen Seitenkante von g beträgt $163^\circ 6'$. Wahrscheinlich sind die Flächen p und g des Verfassers ein und dieselbe Fläche. Die Fläche u befand sich nicht an dem überschickten Krystall.

Hr. Kokscharow erwähnt, daß an sämtlichen Krystallen, die er untersucht habe, sich eine sichtbare Gränze befinde, die parallel mit der Querfläche von der einen scharfen Seitenfläche von M zur anderen fortlaufe. Auch bei dem mir überschickten Krystalle war diese Gränze sichtbar; man kann aber deswegen die Krystalle noch keine Zwillingskrystalle nennen, sie sind höchstens nur als zwei Individuen anzusehen, die in paralleler Richtung aneinander gewachsen sind.

Gustav Rose.

XII. Ueber die chemische Zusammensetzung des
Kupferglimmers von Andreasberg;
von C. Rammelsberg.

Wo Antimon und Nickel enthaltende Schwarzkupfer verblasen werden, bildet sich bekanntlich ein ziemlich unbrauchbares Gaarkupfer, welches, von zelliger Structur und goldgelbem glimmerartigem Ansehen, bei den Harzer Hüttenleuten den Namen *Glimmerkupfer* führt. Löst man ein solches in verdünnter Salpetersäure auf, so bleibt neben etwas Antimonoxyd ein Körper zurück in Form goldgelber glänzender zarter Blättchen, der *Kupferglimmer*, der die ganze Masse des Kupfers durchdrungen und seine Oberfläche bekleidet hatte. Diese Substanz ist bereits im Jahre 1817 von Hausmann und Stromeyer beschrieben und untersucht worden ¹⁾, obwohl die Analyse des Letzteren in Folge der mangelhaften Methode nicht ganz zuverlässig ist. Später beschrieb Beneke sein Vorkommen ²⁾, und Borchers lieferte eine vollständige chemische Analyse ³⁾.

Dieser letzteren zufolge wäre der Kupferglimmer eine Verbindung von Kupferoxyd, Nickeloxyd und Antimonoxyd in solchem Verhältniß, daß jene beiden zusammen viermal so viel Sauerstoff enthalten als das letztere, so daß die Substanz als Verbindung $= (\text{Cu}, \text{Ni})^{12} \text{Sb}$ seyn würde.

Da diese Untersuchung einen Kupferglimmer von der Ockerhütte betrifft, so untersuchte ich einen solchen aus dem Glimmerkupfer von der Andreasberger Kupferhütte, insbesondere, um zu erfahren, ob seine Zusammensetzung constant die angegebene sey. Seine Abscheidung aus dem Kupfer und Trennung vom Antimonoxyd geschah ganz so, wie Borchers beschrieben hat.

1) Schweigg. Journ. Bd. 19, S. 241.

2) Diese Ann. Bd. 41, S. 333.

3) Ebend. S. 335.

Das spec. Gew. des Kupferglimmers fand sich = 5,783. 2,72 Grm. wurden in Wasserstoffgas geglüht; sie verloren 0,498 und hinterließen eine gesinterte röthlich graue Metalllegierung. Diese löste sich leicht in Königswasser auf. Schwefelwasserstoffgas schlug ein Gemenge von Schwefelantimon und Schwefelkupfer nieder, welches durch Ammoniumsulfhydrat getrennt wurde. Aus dem Filtrat wurde das Nickel durch kohlensaures Natron gefällt.

Für 100 Theile wurden hierdurch folgende Werthe erhalten, genau übereinstimmend mit den Versuchen von Borchers:

		Borchers:
Sauerstoff	18,31	18,67
Kupfer	34,63	35,16
Nickel	23,00	23,97
Antimon	22,40	21,06
	<hr/> 98,34.	<hr/> 98,86.

oder:

Kupferoxyd	43,38	44,28
Nickeloxyd	29,23	30,61
Antimonoxyd	26,57	25,11
	<hr/> 99,18.	<hr/> 100.

Die genaue Uebereinstimmung in der Zusammensetzung der Substanz von verschiedenen Localitäten beweist, daß sie eine bestimmte Verbindung ist, der Formel $R^{12}Sb$ gemäß, während der Sauerstoffgehalt und das anderweitige Verhalten darthun, daß sie die Metalle nicht in Form anderer Oxydationsstufen enthält.

XIII. *Beobachtungen über den Stickstoffbor;* *von F. Wöhler.*

(Mitgetheilt aus den Göttinger Nachrichten 1850 No. 7.)

Balmain hat bekanntlich vor 8 Jahren eine Verbindung von Bor mit Stickstoff entdeckt, der er, auf den Grund ihrer vermeintlichen Eigenschaft, sich gleich dem Cyan mit Metallen verbinden zu können, einen analogen Namen, den Namen *Aethogen*, gab ¹⁾). Später erkannte er, daß alle von ihm als Aethonide beschriebenen Körper eine und dieselbe Substanz seyen, nämlich Stickstoffbor, ohne einen wesentlichen Gehalt an Metall ²⁾). Er erhielt diese Verbindung durch Erhitzen von Borsäure mit Cyankalium oder mit Cyanzink oder mit Quecksilbercyanid und Schwefel. Ich fand nachher, daß man sie vortheilhaft auch durch Glühen eines wasserfreien Gemenges von Borax und Kaliumeisencyanür erhalten kann ³⁾).

Die Beobachtung, daß sich beim Erhitzen von wolframsauren Kali mit Salmiak Stickstoffwolfram bildet ⁴⁾), veranlaßte mich auf demselben Wege auch die Bildung von Stickstoffbor zu versuchen. Dieser Versuch hat der Erwartung vollkommen entsprochen: ich erhielt dadurch einen Körper, der alle Eigenschaften der Balmain vermittelt der Cyanüre dargestellten Verbindung besitzt, und der, wie ich weiter unten zeigen werde, aus BN besteht, also so zusammengesetzt ist, daß er sich mit Wasser gerade auf in Borsäure und Ammoniak verwandeln kann.

Um auf diese Weise den Stickstoffbor darzustellen, vermischt man sehr innig 1 Theil reinen und vollkommen entwässerten Borax mit 2 Theilen getrocknetem Salmiak, füllt das Gemenge in einen Tiegel von Porzellan oder am besten

1) Journal für pract. Chemie Bd. 27, S. 422 und Bd. 30, S. 14.

2) A. a. O. Bd. 32, S. 494.

3) Berzelius Lehrbuch III. 113.

4) Nachrichten 1850 No. 3, S. 33. (Der Aufsatz wird im Heft IV erscheinen).

von Platin und erhitzt es darin, bedeckt, bis zum Glühen. Ein gewöhnlicher Thontiegel ist weniger geeignet dazu, weil das Product in Folge der Bildung von Eisenchlorid, sehr eisenhaltig werden kann. Bei kleineren Mengen kann man sich auch eines Glasgefäßes bedienen. Man erhält eine weisse, ungeschmolzene, poröse Masse, die man fein zerreibt und mit einer grösseren Menge Wassers, dem man etwas Salzsäure zugesetzt hat, längere Zeit bis zum Sieden erhitzt¹⁾. Der Stickstoffbor scheidet sich dann als ein weisses Pulver ab, welches man abfiltrirt, mit heissem Wasser vollkommen auswäscht und trocknet.

Hatte man ihn in einem Thontiegel oder mit nicht gereinigtem, nicht umkrystallisirten Borax bereitet, so ist es nothwendig ihn zur Entfernung von fremden Einmengungen noch mit concentrirter Salzsäure zu digeriren, und selbst hierdurch gelingt es nur unsicher, ihn rein zu erhalten.

So dargestellt bildet der Stickstoffbor ein vollkommen weisses, leichtes Pulver, welches selbst bei 500facher Vergrößerung als eine ganz amorphe, körnige, milchweise Masse erscheint. Auf der Haut läßt er sich talkartig einreiben und ertheilt ihr eine grofse Glätte. Er besitzt alle die von Balmain angegebenen charakteristischen Eigenschaften, er leuchtet in der Kante einer Flamme mit glänzendem, grünlich weissem Licht, er entwickelt, mit Kalihydrat geschmolzen, reichlich Ammoniak, und erleidet keine Veränderung weder durch concentrirte Säuren, noch concentrirter Alkalien, noch durch Glühen in Wasserstoffgas oder Chlorgas. In einem Strom von Wasserdampf wird er schon bei mäfsiger Glühhitze vollständig in Ammoniak und Borsäure verwandelt, wobei sich letztere mit den Wasserdämpfen grofsentheils verflüchtigt, so dafs man bei deren Condensation eine Auflösung von borsauerm Ammoniak erhält.

1) Wendet man zuerst reines Wasser an und läßt die abfiltrirte Lösung langsam verdunsten, so schießt Kochsalz in sehr scharfen klaren Octaëdern an. Beim Erhitzen werden sie milchweifs, ohne ihre Form und ihren Glanz zu verlieren. Aus ihrer Lösung in Wasser erhält man wieder Wüfel.

Ich habe außerdem noch folgende Beobachtungen darüber gemacht.

In einem Porzellantiegel, der von Kohlenpulver umgeben in einem Thontiegel stand, einer einstündigen Nickelschmelzhitze ausgesetzt, blieb der Stickstoffbor ganz unverändert; er erlitt weder eine Schmelzung noch verlor er Stickstoff.

In der durch Sauerstoffgas geblasenen Alkoholflamme verbrennt er rasch mit schwacher, grünlich weißer Flamme und unter Bildung von Borsäuredampf. Dagegen ist er nicht zum Brennen zu bringen, wenn man ihn in einem kleinen Porzellantiegel zum vollen Glühen erhitzt und Sauerstoffgas darauf leitet. Auch leuchtet er dann nicht, wie denn überhaupt seine merkwürdige Eigenschaft, glänzender als irgend ein anderer Körper mit einem grünlich weißen Licht zu phosphoresciren, nur in Berührung mit einer Flamme zum Vorschein kommt, was indessen stets mit einer, wenn auch nur äußerst langsamen Oxydation verbunden ist. Ganz besonders lebhaft schien mir der in Chlorgas geglühte zu leuchten, während dagegen fremde Einmengungen das Leuchten völlig zu verhindern scheinen.

Ganz ausgezeichnet ist ferner die Eigenschaft des Stickstoffbors, beim Glühen mit leicht reducirbaren Metalloxyden, unter Reduction derselben, jedoch ohne Feuererscheinung, Stickoxydgas oder salpetrige Säure zu bilden. Erhitzt man ihn in einem Glasrohr mit Bleioxyd, Kupferoxyd oder Quecksilberoxyd, so erfüllt sich das Rohr mit starkem rothem Dampf.

In einem zugeschmolzenen Glasrohr mit Wasser bis zu 200° erhitzt, bildet er Ammoniak und Borsäure; die Verwandlung bei dieser Temperatur geht aber nur sehr langsam vor sich. Läßt man die Wirkung viele Stunden lang dauern, so findet man das Glas, wenn die Röhre nicht explodirt ist, bis tief in seine Masse angegriffen und in eine weiße, opalartige Substanz verwandelt. Das Wasser enthält dann Kali, Kieselsäure Borsäure und freies Ammoniak.

Wiewohl bei einer nur kurz dauernden Wirkung selbst heisse concentrirte Schwefelsäure auf den Stickstoffbor ohne

Wirkung ist, so wird er doch davon, wiewohl nur sehr langsam, in Ammoniak und Borsäure verwandelt, wenn man ihn bis zum Verdampfen der Säure lange Zeit erhitzt. Noch leichter geschieht dieß durch die Digestion mit rauchender Flußsäure unter Bildung von viel Fluorborammonium.

Das merkwürdigste Verhalten zeigt der Stickstoffbor beim Glühen mit wasserfreiem kohlen saurem Kali. Er verwandelt sich damit gerade auf in borsaures und in *cyansaures Kali*; er zersetzt also die Kohlensäure und reducirt daraus den Kohlenstoff, der sich mit dem Stickstoff zu Cyan vereinigt, — gewiß eine unerwartete Bildungsweise von Cyan, die indessen mit der von Berzelius gemachten Beobachtung, daß freier Bor, mit kohlen saurem Kali erhitzt, auf Kosten der Kohlensäure verbrennt und daraus Kohle reducirt, im vollkommenen Einklang steht. 1 Atom Stickstoffbor und 2 At. kohlen saures Kali ($\text{BN} + 2\text{KO} \cdot \text{CO}^2$) enthalten dieselben Elemente in derselben Menge wie 1 At. borsaures und 1 At. cyansaures Kali ($\text{KO} \cdot \text{BO}^3 + \text{KO} \cdot \text{C}^2\text{NO}$). Diese wechselseitige Zersetzung geht mit großer Leichtigkeit, schon bei schwacher Glühhitze im Platintiegel über der großen Spirituslampe, vor sich. Ein Gemenge von Stickstoffbor und trockenem kohlen saurem Kali in dem obigen Aequivalentverhältniß (nämlich $= 3 : 17$) erhitzt, schmilzt bei der Temperatur, bei der kohlen saures Kali für sich nicht schmelzen würde, leicht und ruhig zu einem Liquidum, welches beim Erkalten zu einer sehr krystallinischen, weißen Masse erstarrt. Sie besteht nun fast aus gleichen Gewichtstheilen borsaurem und cyansaurem Kali und wird von Wasser klar aufgelöst. Ich habe daraus schön krystallisirten, reinen Harnstoff, und aus diesem krystallisirten Cyanürsäure dargestellt. Wendet man den Stickstoffbor im Ueberschuß an, so bildet sich zugleich viel Cyankalium, aus dem ich Berlinerblau und Blausäure darstellen konnte. — Stickstoffbor, in einem Porzellanrohr in freiem Kohlen säuregas bis zum starken Glühen erhitzt, zersetzt dasselbe nicht.

Was die directen Beweise für die Zusammensetzung des Stickstoffbors betrifft, so führten anfangs die unter einander sehr abweichenden Analysen, angestellt mit Substanz von ungleicher Bereitung, nur zu dem Resultat, daß dieser Körper, wenn er nicht mit aller Sorgfalt bereitet wurde, von sehr ungleicher Zusammensetzung, daß heißt in hartnäckiger Verbiindung mit fremden Beimischungen, wie es scheint hauptsächlich Borsäure, erhalten wird. Ich lasse diese Versuche unangeführt, da sie weiter keinen Werth haben, und will nur die angeben, die mit Substanz von sorgfältiger, jedoch ungleicher Bereitung gemacht wurden und dabei unter einander nahe übereinstimmende Resultate gaben.

Bei der Leichtigkeit, womit der Stickstoffbor mit Hydraten Ammoniak bildet, hatte die Bestimmung des Stickstoffgehalts keine Schwierigkeit. Sie geschah, wie bei einer organischen Substanz, durch Glühen mit Natronkalkhydrat, welches, um es etwas schmelzbarer zu machen, etwas mehr Natronhydrat als gewöhnlich enthielt. Vier Analysen mit Substanz von ungleicher Bereitung, sämmtlich von Hrn. Dr. Städeler gemacht, gaben 48,13, 49,63, 50,77 und 51,36 Proc. Stickstoff.

Der zu der letzten Analyse angewandte Stickstoffbor, welcher 51,36 Proc. Stickstoff gegeben hatte, war mit Flusssäure behandelt. 0,289 Grm. hatten 2,363 Grm. Platinsalmiak gegeben.

Für die directe Bestimmung des Borgehaltes blieb nur ein Weg, nämlich die Oxydation durch Erhitzen mit einem genau bestimmten Gewicht von salpetersaurem Bleioxyd. Was der geschmolzene Rückstand mehr wog, als das Bleioxyd, welches zurückbleiben mußte, konnte nur Borsäure seyn. Diese Methode, von der sich wohl auch noch in manchen anderen Fällen Anwendung wird machen lassen, ist sehr leicht und rasch ausführbar und giebt, wie ich denke, sichere Resultate. Das Salz dazu muß natürlicher Weise vollkommen rein und sehr fein gerieben seyn. Da es schon in mäßiger Hitze leicht zersetzt wird, so muß

man es mit Vorsicht trocknen. Die Schmelzung kann in einem Platintiegel geschehen, sobald man einen grossen Ueberschuss von Salz anwendet. Nimmt man zu wenig, so wird Blei reducirt und legirt sich mit dem Platin. Die Vermischung der zu oxydirenden Substanz mit dem Salz geschieht in dem Tiegel mittelst eines dicken polirten Platindrahtes; sie muss sehr sorgfältig seyn. Da sich die Masse ziemlich stark aufbläht, so hat man anfangs mit Vorsicht zu erhitzen. Zuletzt erhitzt man einige Augenblicke zum Glühen, bis die Masse ruhig fliesst.

0,180 Grm. von dem mit Flusssäure behandelten Stickstoffbor, bei 150° getrocknet, zusammengeschmolzen mit 6,068 Grm. salpetersaurem Bleioxyd, gaben 4,334 geschmolzenen Rückstand. Davon abgezogen die in dem Salz enthaltene Bleioxydmenge = 4,088, bleiben 0,246 für entstandene Borsäure, enthaltend 0,0768 Bor oder 42,66 Procent im Stickstoffbor. Ein zweiter Versuch gab 42,23.

Fünf andere Versuche mit Stickstoffbor von dreierlei Bereitung gaben 41,93 — 41,61 — 40,88 — 40,87 — 40,38 Proc. Bor.

Nimmt man die für Stickstoff und Bor gefundenen höchsten Zahlen als die richtigsten an, so erhält man für 100 Theile:

Bor	42,66
Stickstoff	51,36
Verlust	5,98.

Dieser Verlust kann nur Sauerstoff, und dieser wohl nur in Form von Borsäure in der Verbindung enthalten seyn, da letztere wie besondere Versuche gezeigt haben, weder Chlor noch Natrium enthält. Auf Aequivalente berechnet, würde die obige Zusammensetzung einer Verbindung von 1 Aequiv. Borsäure mit 14 Aequiv. Stickstoffbor ($\text{BO}^3 + 14\text{BN}$) entsprechen, die enthalten würde:

Bor	42,617
Stickstoff	51,124
Sauerstoff	6,259.

Eine Verbindung in einem solchen Verhältniss ist höchst

unwahrscheinlich. Viel wahrscheinlicher ist es anzunehmen, daß der, in der Menge auch variirende, Borsäuregehalt in Folge der Entstehungsweise und des ganz ungeschmolzenen amorphen Zustandes des Stickstoffbors in diesem nur mechanisch und durch die gewöhnlichen Lösungsmittel unausziehbar innig eingemengt enthalten ist, in ähnlicher Weise, wie z. B. Zucker, in Vermischung mit Borsäure verkohlt, eine Kohle geben würde, aus welcher wahrscheinlich nicht der ganze Borsäuregehalt durch Behandeln mit Lösungsmitteln ausgezogen werden könnte.

Der reine, borsäurefreie Stickstoffbor, BN, der also noch nicht dargestellt worden ist, wenn sich nicht der nach Balmain's Verfahren bereitete, bis jetzt noch nicht analysirte, als solcher erweist, würde in 100 Th. enthalten:

Bor 43,76

Stickstoff 56,24.

XIV. *Fernerer über die Elektricitäts-Entwicklung bei Ablöschung erhitzter Metalle in Flüssigkeiten;* *von F. C. Henrici.*

Bei weiterer Verfolgung meiner Versuche über die galvanische Wirkung der Ablöschung eines erhitzten Platindrahts in verschiedenen Flüssigkeiten ¹⁾ bin ich zur Wahrnehmung einer Reihe von Erscheinungen gelangt, welche sehr sprechend zeigen, wie gering die Verschiedenheit in den Berührungsverhältnissen heterogenen Körper zu seyn braucht, um zu einer galvanischen Wirkung Veranlassung zu geben. Es ist die Bewegung siedender Flüssigkeiten, deren Wirkung auf einen von ihr getroffenen Platindraht ich auf folgende Weise näher untersucht habe.

1) Siehe S. 170 dieses Bandes.

Eine 1½ Centimeter weite Glasröhre *A* (Fig. 12. Taf. III.) war mit zwei Armen *a* und *b* versehen, in deren jedem ein Platindraht von etwa 1 Millim. Dicke mittelst kleiner Korkstücke so eingefügt wurde, daß er beliebig in die weitere Röhre eingeschoben und aus derselben zurückgezogen werden konnte. Auf den unteren Theil der Röhre wurde eine aus einem Streifen dünnen Messingblechs verfertigte gut anschließende Hülse *o* mit auslaufendem Arm geschoben, welcher letzterer durch eine Weingeistflamme leicht so stark erhitzt werden konnte, daß die in der Röhre befindliche und etwa bis *c* hinaufreichende Flüssigkeit zum Sieden kam, welches jedoch bei einigen Flüssigkeiten nicht ohne Schwierigkeit und mit Aufstossen erfolgte. Wenn nun während des Siedens der Flüssigkeit der eine Platindraht in die Röhre eingeschoben, der andere daraus zurückgezogen war (wie es in der Figur dargestellt ist), so gab bei Schließung der das Galvanometer enthaltenden Bogens die Bewegung der Nadel in allen Fällen das Daseyn eines galvanischen Stromes zu erkennen, und zwar zeigte sich der von der Bewegung der siedenden Flüssigkeit getroffene Draht bei einigen Flüssigkeiten negativ, bei anderen positiv. Ich stelle die Ergebnisse meiner Versuche hier zusammen, wobei ich die Platindrähte mit *a* und *b* bezeichne und die Ausweichungen der Galvanometernadel so hinter- und untereinander schreibe, wie sie bei wiederholten Wechselungen der Drähte beobachtet wurden.

Siedende Flüssigkeiten.	El. des eingeschobenen Drahts.	Eingeschoben.	Ausweichungen der Galvanometernadel.
Schneewasser	negativ	<i>a</i>	3° 1° 2½° 3½°
		<i>b</i>	5° 5° 5° 4°
Salpeterlösung	do.	<i>a</i>	7° 4½° 4½° 5° 5°
		<i>b</i>	4° 5½° 6° 5° 6°
Kochsalzlösung	do.	<i>a</i>	3° 3° 5° 9° 7°
		<i>b</i>	10° 10° 8½° 5° 6°

Siedende Flüssigkeiten.	El. des eingeschobenen Drahts.	Einge- schoben.	Ausweichungen der Galvanometer- nadel.
Aetzkalkilösung	do.	a	8° 9° 10° 9° 8°
		b	4° 5° 6° 7° 7°
Salpeters. Wasser	do.	a	4° 3° 2°
		b	3° 4° 3½°
Blutlaugensalz	do.	a	90° + 90° + 90° +
		b	90° + 90° + 90° +
Schwefelsaures Ei- senoxyd	positiv	a	30° 30° 46° 46°
		b	45° 38° 32° 40°
Kupferchlorid	do.	a	17° 7°
		b	10° 12°
Kohlens. Natron	negativ	a	5° 4½° 5°
		b	8° 9½° 6½°

Die letzte Flüssigkeit, das kohlensaure Natron, war nicht wirklich im Sieden, sondern nur nahe daran, und zeigte dennoch dieselbe Wirkung; dasselbe thaten kurz vor und nach dem Sieden auch einige der anderen Flüssigkeiten ')). Dagegen brachte ein bloßer feiner Luftstrom, welchen ich zur Vergleichung durch gesäuertes Wasser hindurchstreichen liefs, so dafs der eine Platindraht davon ge-

- 1) Ein Versuch mit gewöhnlichem Brennspritus gab kein Resultat, weil es nicht gelingen wollte, denselben zum Sieden zu bringen, indem bei fortgesetzter Erwärmung die ganze Masse plötzlich mit einem Stofs aus der Röhre geschleudert wurde. Hier haben wir also dieselbe Erscheinung wie bei Donny (Ann. 67, 562), ohne dafs besondere Vorkehrungen dazu getroffen wären. Ich glaube, dafs sie neben der Wirkung der Adhäsion lediglich eine Folge der stattgehabten sehr gleichmäfsigen Erwärmung der Flüssigkeit gewesen ist und dafs eine geringe örtliche Ungleichmäfsigkeit hierin, so wie jede Ursache, welche die Cohäsion siedwarmer Flüssigkeiten an irgend einem Punkte zu stören vermag (was sehr häufig, aber keineswegs immer, durch die Entwicklung von Luftbläschen geschieht) (vergl. Marcet in Ann. 57, 218), das Sieden derselben veranlafst, dessen Temperatur vom Luftdruck abhängt, wovon die Cohäsion der Flüssigkeiten unabhängig zu seyn scheint.

troffen wurde, nicht die geringste galvanische Wirkung hervor.

Die angeführten Versuchsergebnisse schloß sich, wie zu ersehen, den bei meinen Ablöschungsversuchen erhaltenen im Allgemeinen sehr an. Als die Ursache der beobachteten elektrischen Ströme kann, da unter den vorhandenen Umständen an thermoelektrische Wirkungen nicht zu denken ist, ohne Zweifel nur die schwache *Reibung* angesehen werden, welche der eingeschobene Platindraht von der erhitzten und dadurch in eine innere Bewegung versetzten Flüssigkeit erlitten hat, so daß diese und die Ablöschungswirkungen allem Anschein nach in eine Kategorie gehören.

Dasselbe scheint auch mit dem elektrischen Strome der Fall zu seyn, welchen man beobachtet, wenn man die messingene Fassung einer brennenden Weingeistlampe einerseits, und einen in die Flamme eingeschobenen Platindraht andererseits mit einem empfindlichen Galvanometer verbindet. Elektroskopisch ist die an einem solchen Drahte auftretende *negative* Elektricität bereits vor langer Zeit von Pouillet und Becquerel untersucht worden (Ann. 2, 202; 11, 427 und 440). Ersterer sieht sie als eine Wirkung der Verbrennung, letzterer als eine Contactwirkung an. Pouillet's Ansicht hat Becquerel befriedigend widerlegt, aber auch seine Ansicht ist nicht die richtige. Als ich nämlich zwei gleich beschaffene Platindrähte in die Flamme so einführte, daß der eine sie mit seinem Ende nur berührte, während der andere ganz in sie eingeschoben war, beobachtete ich, sobald die Drähte mit dem Galvanometer verbunden worden, ganz dasselbe wie vorhin, einen elektrischen Strom, welcher von dem von der Flamme umgebenen Drahte in diese überging. Ferner gab sich ein Strom zu erkennen, als zwei ungleich dicke Platindrähte, ein dickerer und ein sehr feiner, beide gleich tief neben einander in die Flamme geschoben und mit dem Galvanometer verbunden wurden und zwar nahm der dickere Draht wieder negative Elektricität an; der Strom ging von die-

sem zur Flamme über. In beiden Fällen war der die Richtung des Stroms entscheidende Draht rothglühend, der andere aber im ersten Falle gar nicht, im zweiten weifs glühend, so dafs als wirksamer Unterschied bei den Drähten nur die Gröfse der von der Flamme bestrichenen Oberfläche, mithin als Ursache der Elektricitätsentwicklung nur die stattfindende *Reibung* zwischen Flamme und Metall angesehen werden kann.

Ich habe versucht, die elektrische Kraft dieser Combination zu schätzen und gefunden, dafs sie ungefähr $\frac{5}{7}$ von der einer Daniell'schen Kette betragen dürfte. Ohne Zweifel würde dieselbe sich durch zweckmäfsige Einrichtungen noch steigern, aber schwerlich nutzbar machen lassen, weil der Widerstand so übermäfsig grofs ist, dafs in meinem Versuche die Ausweichung der Galvanometernadel wenig über 1° hinausging. Doch habe ich zwei in Jodkaliumlösung tauchende Platindrähte durch die Wirkung eines Platinstreifens und eines feinen Platindrahts, welche sich nebeneinander in einer Weingeistflamme befanden, deutlich polarisirt gefunden, wodurch die chemische Wirkung der fraglichen Ströme erwiesen ist. In den Versuchen von Andrews (Ann. 43, 315. 316) scheint die Wirkung merklich gröfser gewesen zu seyn.

Wenn ich mich nicht sehr täusche, so liegt in der so eben erörterten Elektricitätsentwicklung der Schlüssel zur Erklärung der früher vielbesprochenen sogenannten unipolaren Leitung der Flammen. Neue Versuche würden hierüber Aufklärung geben, wobei denn zu berücksichtigen seyn würde, dafs die Flamme die Elektricität nicht nur leitet, sondern auch in der Luft zerstreut und durch Reibung an Metallen diese negativ elektrisch macht, selbst aber positiv elektrisch wird. Dafs eine wirklich unipolare Leitung nicht stattfinden könne, kann wohl gegenwärtig nicht mehr in Frage gestellt werden.

Harste, d. 25. Febr. 1850.

**XV. Ueber die Veränderung des Magnetismus der Erde in der jährlichen Periode;
von Hrn. Sabine.**

(Aus einem Briefe an Prof. Dove vom 19. März 1850.)

Ich habe Ihnen eine wichtige Thatsache im Gebiete des Erdmagnetismus mitzutheilen. Sie bezieht sich auf die jährliche Veränderung der Neigung und ganzen Kraft in Toronto und Hobarton, welche Stationen, wie Sie wissen, auf der Erde nahe einander gegenüber liegen. An beiden ist die ganze Kraft gröfser vom October bis Februar incl. als vom April bis August incl., und die Neigungsnadel steht an beiden Stationen senkrechter von October bis Februar und mehr horizontal vom April bis zum August.

Hängt diese Erscheinung zusammen mit der von Ihnen gefundenen jährlichen periodischen Veränderung der Temperatur des ganzen Erdkörpers, welche Temperatur am höchsten ist vom April bis zum August? Oder ist sie eine directe magnetische Folge der vom October bis zum Februar hin gröfseren Sonnennähe, wenn man nämlich die Sonne als inducirende Ursache des Erdmagnetismus ansieht? Oder ist sie die Folge der vom October bis Februar gröfseren Geschwindigkeit der Bewegung der Erde in ihrer Bahn in Gegenwart elektrischer den Weltraum durchfließender Ströme? —

**XVI. Ueber Meteoreisenanalysen;
von Hrn. Reichenbach.**

Es geschieht öfters, und erst jüngst im letzten Novemberhefte dieser Annalen S. 406 ist es vorgekommen, dafs Analysen von Meteoriten mitgetheilt werden, die über Feilspäne,

Sägspäne oder Bohrspäne, besonders von Eisenmassen, gemacht worden sind. Diese Scheidarbeiten können mit dem größten Fleisse und allen Geschicklichkeiten vollzogen worden seyn, dennoch können sie weder nach ihrem qualitativen noch quantitativen Ergebnisse als richtig zugelassen werden. Jedermann weiß, wie schnell Feilen, Sägen und Bohrer sich abnutzen, wenn man sie in Eisen gehen läßt, und wie oft man sie während des Gebrauches wieder frisch schärfen muß. Dieses Abnutzen ist aber nichts anderes, als daß die zugeschärften Kanten sich abreiben und wohl häufig auch abbrechen und Scharten hinterlassen. Das Abgeriebene und Ausgebrochene aber wird alles unter die Späne gemengt und geht mit ihnen den Weg der Annalyse. Diese wird also gerade um so viel verunreinigt und falsch, als Stahl von den Schneidewerkzeugen ins Gemenge kam, und dieß ist niemals unbedeutend. Beispielsweise findet sich in der oben berührten Analyse, welche über Bohrspäne vom Meteoreisen von Zacatecas gemacht wurde, 0,49 Kohle. Ich bin zufällig in meiner Meteoritensammlung der Besitzer desselben Stückes Eisenmasse, von welchem ohne Zweifel jene Späne herrühren und sehe aus den vielen Bohrlöchern, mit wie breiten Bohrern und mit welcher großen Mühe, das Theilstück von der Hauptmasse abgeschroten worden ist; tagelang muß daran gearbeitet worden seyn, um es los zu bekommen. Unmöglich kann bei der Trennung ein wissenschaftlich gebildeter Mensch beständig gegenwärtig geblieben seyn, um die Reinhaltung der Bohrspäne von andern Zufälligkeiten zu überwachen. Wie aber ein mexikanischer Schlossergeselle bei solcher Arbeit zu Werke gegangen seyn mag, kann man sich unschwer vorstellen. Es ist gar nicht denkbar, daß nicht dabei zufällige Spänchen von allerlei Umgebungen, vielleicht selbst kleine Brösel von Brod, oder anderer Nahrung, welche solche Menschen während langer Arbeit zu sich nehmen, sich beigemengt haben sollten. Das halbe Procent Kohlenstoff, das sich darin herausstellte, ist daher nicht nur sehr verdächtig, sondern geradezu unwahrscheinlich, und muß theilweise oder

ganz von abgeriebenem und abgesprungenem Stahle der Trennungswerkzeuge und von anderen Zufälligkeiten herühren, deren Abhaltung unter den gegebenen Umständen unmöglich war. Was nun von diesem Beispiele gilt, findet Anwendung auf jede andere Analyse, die über Feil-, Säg- oder Bohrspäne vorgenommen wurde. Keine einzige kann auf wissenschaftliche Genauigkeit Anspruch machen. Es ist schade um die darüber verlorne Mühe, denn ein unreines Ergebniss ist oftmals schlimmer als gar keines. Ich kann nicht umhin, diese Warnung auszusprechen, da sich immer von Zeit zu Zeit solche Analysen über unreines Material wiederholen, die dann in der Wissenschaft registriert werden, der sie nicht dienen, sondern die sie irreleiten.

Schloß Reisenberg bei Wien, d. 27. März 1850.

XVII. N o t i z e n.

Silber, Blei und Kupfer im Meerwasser. Die bekannte Löslichkeit des Chlorsilbers im Chlornatrium hat die HH. Malaguti, Durocher und Sarzeaud veranlaßt, das Meerwasser auf Silber zu prüfen und zwar mit Erfolg. Nicht allein in Wasser aus dem Kanal bei St. Malo fanden sie Spuren davon, sondern auch (gar reichlicher) in der Asche von Fucusarten (in *F. serratus* 0,00001, *F. ceramoides* 0,00000001) und im gemeinen Kochsalz. Blei und Kupfer entdeckten sie im Meerwasser selbst nicht, wohl aber in der Asche von Fucusarten in geringer Menge (ersteres zu 0,000018).

Platin in den Alpen ist durch Hrn. Gueymard (*Directeur des Mines*) seit 1847 an vier verschiedenen Orten gefunden, freilich in sehr geringer Menge: zu Chapeau im Vallée du Drac, zu St. Arey, Dép. Isère (in Bournoniten, Dolomiten und zersetzten Kalksteinen), an der Montagne des Rousses in Oisans und am rechten Ufer des Bems in Savoyen. (*Compt. rend. T. 29, 780 u. 814.*)